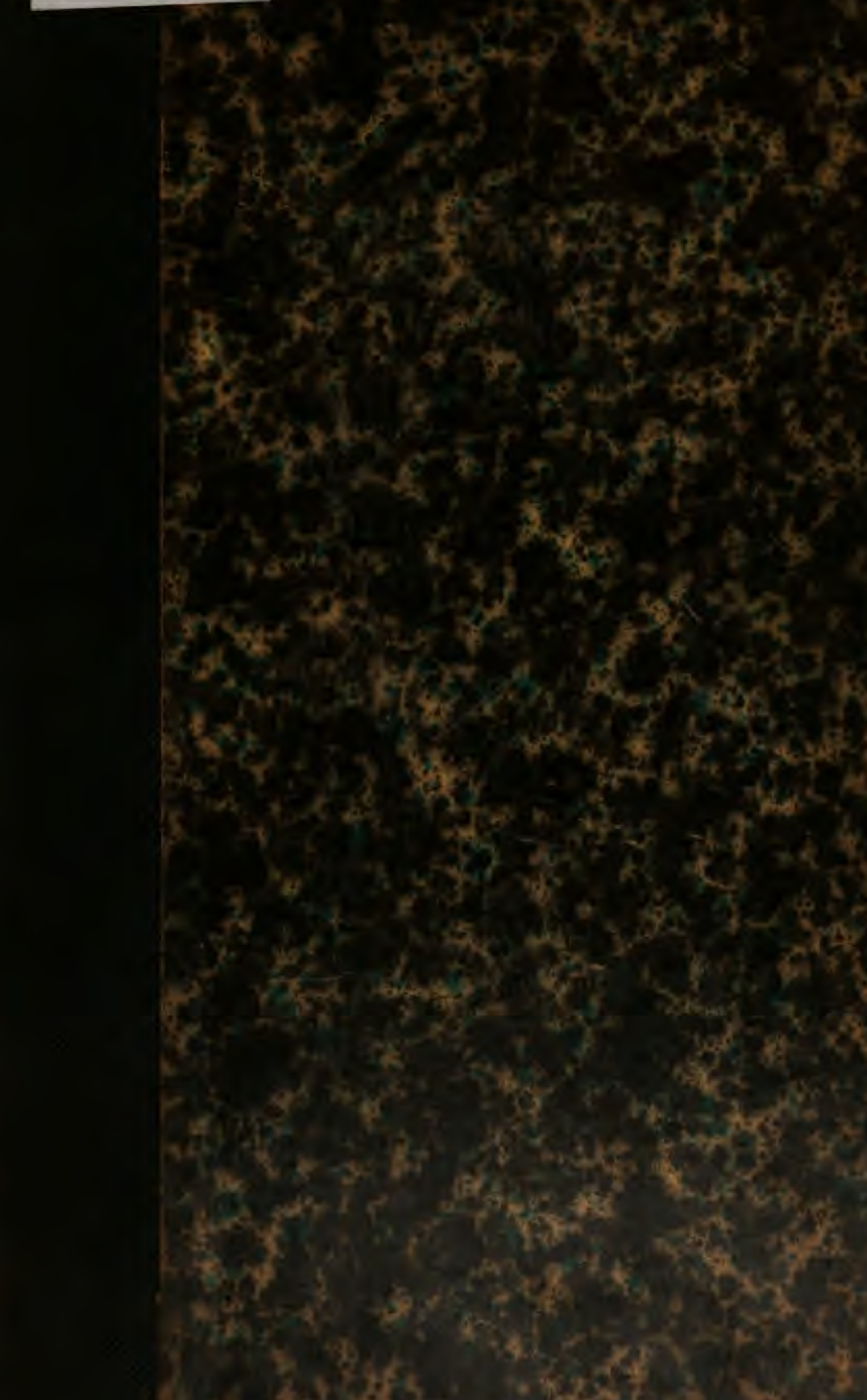




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1883

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin.*

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1882

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1883

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1883

N° 1

Pendant le mois de janvier la Société a traité les questions suivantes :

1° *Discours* de MM. Émile Trélat et Marché. (Séance du 13 janvier, page 8.)

2° Lettre de M. Paul Charpentier, relative à la communication de M. Love, sur la *Recherche des lois naturelles et positives dans les sciences d'observation*. (Séance du 19 janvier, page 42.)

3° Lettre de M. Plassiare, inspecteur divisionnaire du *Travail des enfants dans les manufactures*, indiquant un moyen simple d'éviter les accidents. (Séance du 19 janvier, page 46.)

4° *Pompes alimentaires des machines à vapeur à condensation par surfaces*, par M. Augustin Normand. (Séance du 19 janvier, page 48.)

5° *Chemins de fer à voie étroite* en Algérie, discussion du mémoire de M. Fousset. (Séance du 19 janvier, page 50.)

Pendant le mois de janvier, la Société a reçu :

De M. Augustin Normand, une note sur le *Fonctionnement des pompes alimentaires des machines à vapeur à condensation par surface.*

De M. Boudenoot, membre de la Société, une analyse de l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen sur *les Chemins de fer en Amérique.*

De M. Guettier, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité général de la fonderie en France.*

De M. Henri Meifredy, caissier principal de la Société anonyme des anciens Établissements Cail, un exemplaire de son *Traité pratique de comptabilité.*

De M. Le Brun (Louis), membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur le *Pont-Route métallique de 240 mètres d'ouverture construit par lui sur la Garonne à Cadillac.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Boudenoot,	présenté par	MM. Baudry, Brüll et Pontzen.
	Clark (Edwin),	—	Bergeron, Mayer, Émile Trélat.
	Germot,	—	Duclos, Leblon, Miston.
	Leyn (de),	—	Dallemagne, J. Dallemagne, E. Nansouty.
	Mesnier,	—	Freulon, Hallopeau, Reymond.
	Pesce,	—	De Comberousse, Gottschalk, Nansouty.
	Roger,	—	Arbel, Genès et A. Moreau.
	Zens,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Webb,	—	Chapman, Gottschalk et Émile Trélat.

Comme Membre associé :

M. Latteux (Bazin), présenté par MM. Benoît Duportail, Delannoye et Ribail.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1883

Séance du 5 Janvier 1883.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, en conséquence du double deuil national qui frappe la France, le Comité vient de décider que la Société ne tiendrait pas séance ce soir, et que notre réunion serait remise à vendredi prochain.

Elle est rudement frappée, la France! Elle est frappée dans son intelligence et elle est frappée dans son bras. Nous venons d'apprendre tous que notre plus beau soldat, notre premier homme de guerre est mort; n'était-ce pas assez du premier deuil.

Il n'y a pas de discours à faire, Messieurs. Je lève la séance. (*Bravo! Bravo! Applaudissements.*)

Messieurs, ceux d'entre vous qui, comme Membres de la Société des Ingénieurs civils, voudraient prendre part aux funérailles de Gambetta, pourront se trouver demain avec la partie de notre Bureau qui est disponible, derrière la Madeleine, à huit heures un quart. (*Applaudissements.*)

La séance est levée à huit heures trois quarts.

Séance du 12 Janvier 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. Émile TRÉLAT, Président sortant, prononce le discours suivant :

Messieurs,

La trente-cinquième année d'existence de la Société des Ingénieurs civils prend aujourd'hui sa fin. Il faut saluer nos morts!

Je sais, Messieurs, et je dois être ici le premier à savoir qu'on n'a point à parler politique dans cette enceinte. Mais, hélas ! je ne puis pas faire qu'au-dessus de la politique, deux voiles funèbres ne couvrent pas la France en ce moment. Et, soulevant le dernier de ces voiles, je ne puis pas ne pas me rappeler le glorieux conducteur de notre deuxième armée de la Loire, le grand stratège, le tacticien émérite, le fier patriote qui, pendant deux mois et demi, a tenu tête à des ennemis armés de toutes pièces et rompus à toutes les difficultés. Je ne puis pas oublier Patay, Coulmiers, Beaugency, Josnes, Vendôme, le Mans; et, non plus, pendant l'armistice, cette nouvelle et magnifique ligne de défense, conçue et réalisée en quelques jours pour défendre le massif central de la France.

Et, sous le second voile, qui découvre-t-on, Messieurs? — L'initiateur de la grande défense territoriale de 1870, le régénérateur du patriotisme alangui, le pourvoyeur de nos armées improvisées, le foyer brûlant de notre résistance nationale. *Gloria victis!*

C'est à vous que je parle, Messieurs; à vous, Société des Ingénieurs civils; à vous, Société française; à vous, qui vous êtes patriotiquement associés et donnés à la Défense nationale; et, devant la mort que j'ai le devoir d'interroger ce soir, puis-je donc omettre de vous arrêter un instant sur ce grand deuil, qui frappe en haut le cœur de tout Français !

J'ajoute d'ailleurs, Messieurs, que la Société des Ingénieurs civils doit un tribut particulier de reconnaissance à l'illustre mort dont je l'entretiens. C'est à Gambetta qu'elle doit d'être arrivée aux grandes commissions des Travaux publics et d'y être représentée par plusieurs de ses membres.

Messieurs, ma tâche est difficile, et déjà bien lourde est ma douleur. Il faut pourtant commencer la triste revue que j'ai à faire devant vous.

Vous avez, pendant cette année, perdu un de vos anciens présidents, M. Salvetat, qui a dirigé vos travaux en 1865. Salvetat était membre du Conseil de la Société d'encouragement. Il a longtemps professé à l'École Centrale des arts et manufactures; il a fait partie des jurys d'Expositions universelles en 1851, 1855, 1862 et 1878; il était chevalier de la Légion d'honneur, chevalier de l'Ordre de Charles III d'Espagne, chevalier de l'Ordre de Santiago de Portugal. Votre ancien président, je le retrouve bien loin dans le passé! Nous étions ensemble au collège Bourbon, devenu depuis lycée Fontanes, après avoir successivement perdu les noms de Bonaparte et de Condorcet. Puis nous nous sommes trouvés en concurrence autour d'une bourse à l'École centrale des arts et manufactures. Il y a longtemps, Messieurs; c'était en 1837! Il faut supposer que je pris quelqu'avance sur mon camarade; car j'obtins la bourse, et il fut ajourné. Je sortis donc un an plus tôt que lui de l'École; on me décerna le dernier diplôme de métallurgie. Il est sorti un an après; on lui donna le premier diplôme de chimie. Il savait peut-être avant moi qu'il faut se hâter lentement.

M. Salvetat est entré immédiatement à la manufacture de Sèvres. Il y a succédé à des hommes considérables, à des chimistes de renom : Laurent, Malaguti, de Marignac; et ce fut sous des maîtres illustres qu'il commença sa carrière. Il a eu pour premier directeur Brongniart; pour second directeur, Ebelmen; pour troisième directeur, Regnault. Superbe école! Messieurs, Salvetat a longuement travaillé et longuement alimenté les *Annales de physique et de chimie*. Il y fit paraître des mémoires sur un jaune fusible, sur un hydrosilicate de zircone, sur l'analyse des grès cérames, sur la silice hydratée d'Alger, sur l'emploi du platine dans la peinture de porcelaine, sur des rouges pour porcelaine, sur des analyses de bronzes antiques, sur des analyses d'hydrosilicates d'alumine.

Il a fait plusieurs études sur les matières employées par les Chinois dans la fabrication de la porcelaine, et un mémoire sur les irrigations, en collaboration avec Chevandier. On lui doit deux éditions du traité de Brongniard sur *les Arts céramiques*. Il a collaboré au *Dictionnaire des arts et manufactures*, et à la *Revue des industries chimiques et agricoles*. Enfin, après trente-deux ans de professorat à l'École Centrale des arts et manufactures, il a publié, sous forme d'album, les matières de son cours. La Société d'encouragement possède dans ses archives de nombreux rapports de Salvetat. Saluons une dernière fois notre ancien président. Salvetat a eu les vertus qui sont la force et la faiblesse de ce temps. Il s'est donné tout entier à la spécialité de son choix. Ses études, ses recherches, ses efforts sont enfermés dans un cadre correctement tracé d'avance. Il y a développé toutes les puissances d'un homme solidement ramassé sur lui-même. Peut-être y a-t-il aussi laissé voir un peu de cette gêne, que gardent ceux qui n'ont pas souvent osé regarder autour d'eux?

Beaucoup d'autres collègues nous ont quittés cette année, Messieurs, Il faut en marquer ici les mémoires.

des arts et manufactures,
sacré toute sa carrière à
:'installa à Troyes, à
›pée et perfection'
tures. Douine
unicipal de
he lorsqu
le son
? d

Séance du 12 Ja

PRÉSIDENCE r

La séance est ouverte à h

ilieu

M. Émile TRÉLAT, Prés

es Arts et Manufactures,
ı. Il a ensuite été ingénieur,
st.

Messieurs,

La trente-cinquièm
prend aujourd'hui s
Je sais, Messieu
à parler politiq
qu'au-dessus d
France en ce
ne pas me r
Loire, le g
deux mo
rompus
Beaug
cette
que

ue en 1872, a été employé dans la
la construction des ponts métalliques.
ır, chef des études, chez M. Baudet, Donon
té et dirigé les travaux inachevés de grosse
tel des Postes, et des magasins du Printemps.
ıait partie de la promotion de 1852, à l'Ecole Centrale.
chemin de fer du Nord de l'Espagne, et plus tard ingé-
urin.
ios, que vous avez tous bien connu ici, à la tête d'un cabinet
iel. Il était sorti en 1853 de l'École Centrale des arts et manufac-
es.

M. Chanoit, ancien élève de l'Ecole de Saint-Etienne, a été sous-directeur des mines de Vicoigne, directeur des travaux de recherches de Marchiennes, directeur des études de canalisation du canton de Boissy-Saint-Léger; et, en dernier lieu, entrepreneur des travaux publics.

M. Febvre, sorti en 1854 de l'Ecole Centrale des arts et manufactures, et depuis, ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille.

M. Lacretelle, ancien élève de l'Ecole des mines de Saint-Etienne, a dirigé plusieurs exploitations minières.

M. Gallais, sorti de l'Ecole Centrale des arts et manufactures (promotion de 1858). Il a d'abord été occupé dans la maison Sérafin; il a ensuite été employé aux chemins de fer russes, et au chemin de fer du Nord de l'Espagne.

M. Lemaréchal, ancien élève de l'Ecole d'Angers, a été lamineur de métaux.

M. Leclanché, sorti en 1860 de l'Ecole Centrale des arts et manufactures,

a été préparateur à l'Ecole de M
de l'Est. M. Leclanché est, vou

dach, ancien élève
de la fabricati
nger.

fait s

de métall
it, et son talent d'or
riotes l'envoyèrent bientôt au
e des députés. Au Parlement, il s'est bea
estions de l'assainissement des villes et de l'amélio
gables.

si gros qu'il a bien fallu créer
les armées d'ingénieurs, où
voit tous ses efforts dans le
de place à notre époque.
faire le *laudator tem-*
niers du génie civil,
vers, qui gardaient
nte lutte qui les
d, des Vuigner,
réation de la
de l'Ecole
ceux-là
noires

Laissez-moi ajouter, Messieurs, que ce lointain collègue, qui
français, était ami fidèle de la France.

M. Charles Martin, employé d'abord au contrôle du chemin de fer du Nord, est entré ensuite au service du chemin de fer du Nord de l'Espagne. Plus tard, il est devenu industriel, il a fabriqué des huiles minérales et des produits pharmaceutiques.

M. Orsat, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, sorti en 1855, et élève libre de l'Ecole des Mines. Orsat s'est consacré à l'industrie; il s'est occupé de la fabrique de céruse de Clichy, et lui a fait faire de grands progrès. Mais il ne s'est pas contenté des beaux succès qu'il a obtenus dans ce champ d'action limitée. Il s'est aussi donné à l'étude des grandes questions qui visent directement les intérêts généraux du pays. Il a été membre de plusieurs Commissions d'assainissement; on l'y avait désigné comme rapporteur, et ses rapports ont été fort remarqués. La vie d'Orsat se montrait intéressante à tous égards. En 1870, il a organisé une fabrique de cartouches. En 1871, l'Etat l'a décoré. Il a fait partie de notre Comité. La mort l'a surpris au milieu de l'estime de tous ceux qui l'ont connu.

M. le baron de Burg, était un membre honoraire de votre Société. Commandeur de la Légion d'honneur, vice-président de l'Académie des Sciences de Vienne, membre de la Chambre des Seigneurs d'Autriche, professeur et directeur pendant 42 ans, de l'Ecole Polytechnique de Vienne, M. le baron de Burg fut auteur de publications multipliées; c'est à plus de cinquante que se chiffre le nombre de ses ouvrages. Il fut aussi de ceux qui de loin avaient donné leur cœur à la France ; et, quoiqu'il fût récemment venu parmi nous — il y est entré il y a deux ans, à l'âge de 84 ans — il ne cessait de témoigner sa grande sympathie et d'envoyer ses bénédictions à notre pays.

M. Rancès, est sorti en 1849 de l'Ecole Centrale des arts et manufac-

tures. Il a fait toute sa carrière au chemin de fer du Midi, où il a travaillé 29 ans. Il était devenu directeur-adjoint de l'exploitation. Il est mort au milieu de la sympathie de tous ceux qui l'ont connu, aussi bien de ses subordonnés que de ses chefs. Et puis, Messieurs, il nous rappelle le maître le plus vénéré de cette Société : il était le gendre d'Eugène Flachat.

M. Antoine Bréguet, ancien élève de l'Ecole Polytechnique; mort à 30 ans. Antoine Bréguet était secrétaire de l'exposition d'électricité de Paris. Il y avait été décoré à l'applaudissement de tous les gens compétents. Il dirigeait d'ailleurs, avec un grand talent cette *Revue scientifique*, qui répand si largement et si correctement la science dans notre pays. Antoine Bréguet était, Messieurs, un savant sur lequel tous ceux qui s'occupent de science, jetaient les yeux. Ce sont de grandes espérances qui sont emportées avec lui.

M. Lasseron, ancien élève de l'Ecole Centrale des arts et manufactures, sorti, en 1832. Remarquez la date, Messieurs : l'Ecole Centrale a été fondée en 1829. Lasseron fit donc partie de la première promotion. Il ne sont plus qu'un petit nombre aujourd'hui, ces vétérans d'Ecole ! Mais je veux vous dire ce qu'a fait celui qui vient de nous quitter. A ses débuts, il a créé une grande fonderie à Niort. Puis, il a construit un grand nombre de moteurs hydrauliques, alors que la vapeur n'avait pas encore détrôné le moteur à eau. La marine manquant d'installations suffisantes pour ses subsistances, il fut chargé par le ministère d'une mission à l'étranger, des études préliminaires et de la construction de moulins à blé dans le port de Brest. Il fut ainsi un des rares élèves de l'Ecole Centrale qui aient travaillé directement pour l'Etat. (Rires.) Il a construit un grand nombre de fours et de grues, pour les applications les plus diverses. Il a fait une longue reconnaissance industrielle en Sardaigne pour fixer la valeur des gîtes de plomb argentifère de ce pays. Il a travaillé aux premières constructions du chemin de fer de Tours à Nantes. Il a fait des fours à plâtre, à Vaujours; et la maison Gariel lui a dû ses premières installations pour la fabrication des ciments de Bourgogne. Il a construit l'établissement thermal de Pougues. En 1850, il a été professeur adjoint à l'Institut agronomique de Versailles. Dans la dernière partie de sa vie, il a fait les distributions d'eau d'Alexandrie, de la ville de Suez et des stations de son canal maritime. Plus tard, enfin, il était devenu concessionnaire des Eaux de Galatz, de Constantinople et d'Alger.

Vous voyez, Messieurs, à quelle quantité et surtout à quelle diversité de travaux Lasseron a su pourvoir. Et, si vous ajoutez à cela qu'il était dessinateur et qu'il a laissé le témoignage de la variété et de la solidité de ses études dans vingt-cinq volumes de ses propres dessins, vous comprendrez, Messieurs, combien la vie des ingénieurs d'autrefois était différente de celle qui est, en général, faite aux ingénieurs d'aujourd'hui. Le champ du génie civil s'est si largement épanoui, l'importance des entreprises a tellement

grandi, les obstacles à vaincre sont devenus si gros qu'il a bien fallu créer des régiments, des brigades, des divisions, des armées d'ingénieurs, où chacun a sa place et un rôle fermé, auquel il doit tous ses efforts dans le rang. Les ingénieurs tirailleurs n'ont guère plus de place à notre époque. Mais, sans dénigrer aucun temps et sans vouloir me faire le *laudator temporis acti*, laissez-moi rendre honneur ici à ces pionniers du génie civil, dont fut encore Lasseron; à ces hommes audacieux et divers, qui gardaient tant d'élasticité et tant de verve au milieu de l'émouvante lutte qui les entraînait. Ce fut la vie des Flachat, des Thomé de Gamond, des Vuigner, des Perdonnet, de ces beaux isolés, qui ont précédé la création de la Société des Ingénieurs civils et qui ont rendu possible celle de l'Ecole Centrale des arts et manufactures.

Maintenant, Messieurs, il me reste à vous parler de deux morts: ceux-là sont vos bienfaiteurs. Vous comprendrez que je rapproche leurs mémoires dans vos souvenirs.

M. Le Roy (*Amable*), sorti en 1845 de l'Ecole Centrale des arts et manufactures, débuta dans les applications comme employé chez un entrepreneur des travaux publics. Cela le conduisit dans les services du chemin de fer de l'Est, où il a fait toute sa carrière. Il était devenu inspecteur principal, quand il prit sa retraite. La Compagnie lui décerna alors le titre d'inspecteur principal honoraire en témoignage de ses bons et loyaux services. Décoré depuis 1869, il devint administrateur des mines de Firminy. Tous ceux qui l'ont connu parlent de sa douceur de caractère, de son dévouement inaltérable, de sa donation personnelle à tous ceux qui avaient besoin de son appui ou de son secours. Il vous lègue *cinq mille francs*.

L'autre bienfaiteur, Messieurs, portait un nom considérable, un nom depuis longtemps gravé dans les annales du génie civil : c'est Henri Giffard. Comment vous le peindrai-je? Peu rompu à la société et vivant au-dessus de la sociabilité, c'était une figure originale, un esprit vigoureux, une volonté forte, un cœur fier. Il avait l'amour des pensées solitaires et le besoin des labeurs écartés. Son tempérament était de ceux qui poussent en plein vent et, que les palissages d'Ecoles courent risque d'atrophier. Aussi ne fut-il d'aucune Ecole. Bien qu'il puisât à sa manière dans l'acquit de ceux qui avaient étudié avant lui, il joignait malaisément l'effort des tiers au sien. L'*Injecteur*, qui l'a illustré, est sainement sorti tout entier de son libre cerveau. L'idée simple de régler l'alimentation de la chaudière comme l'était celle du cylindre, de fournir automatiquement le véhicule nécessaire aux calories du foyer, comme le tiroir fournissait le véhicule nécessaire aux kilogrammètres du piston, cette idée mit en marche de pied ferme la précieuse invention de Giffard. L'utilité du nouvel engin a complété la machine à vapeur en lui donnant la sécurité de marche qui lui manquait. C'est la gloire incontestée de Giffard; mais, vue de près, la réalisation du bienfait légitime une seconde fois cette gloire par la justesse et la solidité d'esprit qu'elle dévoile.

Messieurs, Giffard n'était pas qu'un inventeur de jet. C'était aussi un chercheur patient et persistant. Il a poursuivi avec une ardeur extrême la solution du problème de la navigation aérienne. Vous savez tous le long temps qu'il y a consacré, les sacrifices qu'il y a fait, les expériences variées qu'il a poursuivies, depuis celles qui ont été entreprises avec M. Flaud pour constituer un moteur léger, jusqu'à celles qui ont abouti au grand ballon captif de 1878. Notre ami de Comberousse a dit sur la tombe de notre illustre mort un mot saisissant communiqué par un intime. Giffard se sentait au terme de ses recherches; la solution lui semblait acquise. Mais un jour, il avait entr'aperçu la guerre transportant ses horreurs jusque dans les airs; et la passion du succès l'avait abandonné ! Quelle que soit l'exactitude du récit ou de l'appréciation, l'humanité hantait fortement le cœur de l'homme; et sous des dehors âpres on découvrait aux bonnes heures, la grande, la noble sensibilité. Quel ami, sans cela, eût pu faire la confidence que je viens de rééditer? Comment eût-elle pu surgir, si elle n'avait été au moins vraisemblable? D'ailleurs, Messieurs, Giffard portait en lui le véritable caractère des supériorités du cœur. Il était grand et généreux. Il l'a prouvé par ses bienfaits à trois sociétés. Il nous a particulièrement mis dans l'impossibilité d'en douter ici, le jour où il a inscrit dans son testament qu'il vous léguait 50,000 francs.

Messieurs, j'ai fini; nous avons dit un dernier adieu à nos morts; mon premier devoir est accompli. Il faut maintenant parler de vos œuvres. Qu'avez-vous fait, dans le cours de cette année? Je voudrais répondre à cette question en appréciant le sens, l'esprit et la portée de chacun de vos travaux. Mais vraiment, Messieurs, c'est devenu une tâche impossible avec le développement qu'ont pris vos études. On ne peut plus venir ici analyser en une demi-séance la riche collection des efforts qui se sont réunis dans vos vingt séances annuelles, portées cette année au nombre de vingt et une. Le temps manquerait, votre patience ferait défaut et l'œuvre serait insuffisante. Il faut savoir se borner. Je m'en tiendrai à vous indiquer les sujets qui ont été traités devant vous et à signaler les discussions, qui ont le plus marqué dans l'année.

M. Rey vous a apporté une petite communication très saisissante. Elle marque d'un trait clair l'histoire du pertuis du Viso et fixe nettement l'époque à laquelle les travaux ont été faits.

Vous devez à M. Meyer une exposition des travaux du tunnel de l'Arlberg, présentée par M. Mallet (Anatole).

M. Dru vous a communiqué ses vues sur l'avant-projet du percement de l'isthme de Krau, au sud du royaume de Siam. Il vous a montré que ce percement soulagerait d'un long détour la navigation de l'extrême Orient.

M. l'Ingénieur des ponts et chaussées Soulié a mis sous vos yeux un projet quasi administratif de l'établissement d'un chemin de fer Métropolitain à Paris.

Avec M. Lavalard, vous avez pris connaissance du réseau et de l'exploitation des tramways établis dans le nord de l'Italie.

Vous devez à M. Hersent le récit de son dernier voyage à Panama. Et vous avez été assez touchés par la simplicité, l'abondance et la couleur de sa narration, pour vous laisser conduire sans protester dans les méandres d'un retour compliqué. J'observe même que vous n'avez fait aucune difficulté pour passer un assez long temps à New-York avec votre conducteur.

M. Fousset vous a dédié une importante communication sur les chemins de fer en Algérie, et particulièrement sur les chemins de fer à voie étroite. Elle fera le sujet d'une discussion qui aura bien fait d'attendre la direction si compétente de mon honorable successeur.

M. Bergeron a repris devant vous son sujet de prédilection. Mais le ballastage de la voie a été pour lui l'occasion de vous apporter cette année des aperçus nouveaux, et une solution nouvelle.

Vous vous rappelez, Messieurs, la séance où M. Crampton est venu vous exposer sa conception relative aux procédés qu'il propose d'employer pour percer le tunnel sous la Manche. La craie qu'il s'agit de traverser est délayable dans l'eau. C'est à l'état de barbotine que M. Crampton la réduirait aussitôt détachée de la masse par les couteaux des perceuses, et qu'il l'écoulerait ou la monterait ensuite au jour. Je n'assistais pas à cette communication. Mais j'ai compris, à la lecture, le légitime intérêt qu'elle avait soulevé et le plaisir que vous avez eu à l'entendre sous l'habile présidence de notre collègue M. Brüll mêlant l'usage de deux langues, au grand avantage de l'auteur et au bénéfice de l'auditoire.

M. Verdeaux vous a parlé de l'avenir industriel de la Russie méridionale.

M. l'ingénieur en chef des mines Fuchs a, pendant plus de deux heures, captivé votre attention en vous montrant successivement l'Indo-Chine aux trois points de vue géographique, géologique, et etnographique. Vous avez couvert de vos applaudissements cette communication si savamment ordonnée et si artistement présentée.

Votre président vous a fait connaître, Messieurs, les résultats des travaux des différents congrès qui se sont réunis cette année.

M. Cotard a développé ici une théorie générale de l'aménagement des eaux dans ses applications à la navigabilité des cours d'eau. Cette brillante étude a entraîné après elle une communication de M. l'ingénieur hydrographe Bouquet de la Grye sur Paris port de mer ; une communication de M. Bert sur le port du Havre; une communication de M. de Coene sur la Seine fluviale et maritime; et, plus tard, une communication de M. Douau sur la réfection du port de La Rochelle.

M. Lejeune vous a présenté un grand travail, qui n'a, malheureusement, pu être discuté, et qui a pour titre : « Les chemins de fer devant le Parlement. »

Un mémoire sur les chemins de fer d'intérêt local et une étude sur le cahier des charges de ces chemins de fer vous ont été lus par M. Moreau.

M. Gautier (Ferdinand) vous a apporté une nouvelle étude sur la déphosphoration sur sole et au convertisseur Bessemer.

Notre collègue russe, M. le baron de Derschau vous a communiqué les résultats de ses études et de sa longue expérience sur l'épuration de l'eau d'alimentation des chaudières.

La grosse question de l'assainissement du casernement a été traitée devant vous par M. Tollet. Il vous a indiqué les modifications indispensables qu'il est nécessaire d'introduire dans les types de caserne du Génie militaire pour transformer d'immenses constructions, trop faciles à infecter et toujours malsaines, en casernes constamment aérées dans toutes leurs parties.

M. Giraud vous a parlé des appareils qui pourraient augmenter la sécurité si insuffisante dans les théâtres.

Vous devez à une communication de M. Casalonga, de connaître les efforts tentés par le gouvernement du Brésil, pour améliorer la loi sur les brevets d'invention.

M. Brüll vous a présenté et décrit un appareil contrôleur de la marche des locomotives.

Nous sommes à une époque, où des considérations d'ordre supérieur développent singulièrement notre réglementation publique. Mais on sait combien il est facile de se laisser entraîner dans cette voie, surtout dans les pays, qui ont, comme le nôtre, l'habitude d'une grande centralisation. Sur une petite question et dans une courte communication, M. Salomon a montré l'abus et le danger du règlement qui dépasse la mesure. *La liberté des mesures contre les accidents industriels*, tel est le titre de sa communication. Il y fixe correctement l'attention sur l'impossibilité de faire faire à la loi fermée, ce qui ne peut naître que de la liberté ouverte.

Enfin, Messieurs, parmi les sujets qu'on est venu traiter chez vous, on doit comprendre sous le titre de théorie ou de conception spéculative les trois communications suivantes :

Considération sur la thermodynamique, par M. Quéruel ;

La loi de la chaleur spécifique, par M. Love ;

Une nouvelle démonstration du principe des vitesses virtuelles, par M. Piarron de Mondésir.

Les travaux qui vous ont été communiqués ont donné lieu à des discussions souvent nourries, quelquefois très instructives. Il convient de signaler parmi elles, la discussion du Métropolitain de Paris, où MM. Hamers, Chrétien, Vauthier, Francq, Mékarski, Armengaud, Soulié, Deligny, Level, Douau, Quéruel, Guerbigny ont pris la parole. MM. Vauthier, Deligny et Level sont venus y apporter l'expérience et l'autorité de leurs longues études municipales. MM. Francq et Mékarski y ont donné le résultat de leurs belles applications, applications qui se combattent, qui se jalousent quelquefois un peu; mais qui, l'une et l'autre, ont fourni la preuve de grands services

rendus dans les transports municipaux, et la promesse de facilités grandes ménagées dans les difficiles solutions de locomotion au centre des capitales. Malheureusement la question du métropolitain n'est pas prête; elle n'est pas mûre; on ne l'a pas assez méditée. Les points de vue qui se rencontrent restent partiels. Les vues qui embrassent l'ensemble des éléments si divers du problème sont rares. Aussi, ne sommes nous pas arrivés à une fin malgré les argumentations qui se sont produites.

Je vous rappelle, Messieurs, un autre sujet qui a aussi été discuté chez vous avec une grande ampleur. Je veux parler de la riche rencontre d'opinions, motivée par la communication de M. Cotard déjà signalée sur le régime des eaux. Il faut reconnaître, Messieurs, qu'avec l'assainissement des villes, l'aménagement des eaux revendique aujourd'hui la première place dans les questions qui doivent fixer les soins du génie civil. Le travail de M. Cotard et ceux qu'il a amenés à sa suite ont donc bien légitimement donné la parole à de nombreux orateurs. MM. Yvan Flachat, Janicki, Molinos, Edmond Roy, Hutteau, Vauthier, Deligny, Bouquet de la Grye, Badois, Lebrun, Cotard, ont successivement opposé leurs idées. M. Lebrun a introduit dans le conflit, l'esquisse d'un aménagement méthodique de la basse Seine. M. Vauthier a développé, sur le même sujet, un travail considérable, qui a fixé votre attention par la solidité et la conscience des études de l'auteur. Enfin, M. Ed. Roy s'est efforcé de ramener les questions de navigabilité soulevées sur le terrain purement économique des concurrences internationales. Mais vos argumentations n'ont pas été seulement entretenues par les membres de notre Société. L'aménagement des eaux du territoire Français appartient exclusivement aux ingénieurs de l'Etat. C'est eux qui en ont conséquemment la pratique et la compétence. Aussi, Messieurs, m'étais-je empressé d'appeler à vos discussions hydrauliques, MM. les ingénieurs des ponts et chaussées. Et c'est ainsi que vous avez pu entendre dans la question des eaux, Messieurs les ingénieurs en chef des ponts et chaussées Boulé et Fournié, et M. l'inspecteur général Schlemmer.

Voilà, Messieurs, le bilan de vos travaux. Je voudrais maintenant aborder les actes de notre Société, où mon intervention s'est plus directement exercée.

Vous avez à distribuer des prix, tous les ans. Je me suis permis de croire que ces prix, toujours reçus avec reconnaissance par ceux qui les obtiennent, auraient plus de relief s'ils étaient accompagnés d'un rapport produisant la considération qui les ont fait distribuer.

En conséquence, sur le rapport de M. Marché, la médaille d'or de 1878, restée entre vos mains, parce qu'aucun travail ne l'avait méritée en son temps, a été décernée à M. Jourdain, pour son mémoire sur les *Associations de propriétaires d'appareils à vapeur*. Sur un second rapport de M. Marché, la médaille d'or de 1881 a été attribuée à M. Démétrius

Monnier, pour son mémoire sur les *Unités de mesures des grandeurs électriques.*

Enfin, Messieurs, vous aviez à distribuer cette année un prix triennal, le prix Nozo. Sur le rapport de votre Président, le prix Nozo a été décerné à M. Hersent, pour les communications qu'il avait faites sur le *Dérasement de la roche la Rose*, à Brest; sur les *Travaux du port d'Anvers*, et sur les *Travaux du port de Toulon.* Et vous vous rappelez qu'en plaçant cette récompense, votre jury a pris en considération non seulement les mémoires présentés, mais aussi la grandeur des œuvres qui les ont motivés et la correction avec laquelle elles ont été exécutées.

Mais sont-ce là les seules distinctions que la Société ait faites autour d'elle cette année? Non, Messieurs, sur la généreuse initiative de votre ancien Président, M. Henri Mathieu, vous avez voulu, et voulu d'acclamation, qu'une reconnaissance sociale, en quelque sorte restée latente jusqu'à ce jour, fut manifestée dans un acte et fixée dans un objet. Vous avez voté à l'unanimité qu'une médaille d'or serait décernée à notre cher trésorier Loustau, en témoignage de gratitude, pour ses 32 loyales années de dévouement. Je suis malheureux, Messieurs, de ne pas pouvoir donner moi-même votre médaille à mon vieil ami Loustau. Il est malade, et il vient de m'écrire à l'instant, une lettre que je dois vous lire, car elle s'adresse à tous ici, la voici :

Mon cher Président,

Je m'étais fait transporter au siège social, le vendredi 5 janvier, pour les séances qui devaient avoir lieu ce jour-là.

Incomplètement rétabli, je ne me suis pas bien trouvé de cette sortie, et le médecin me prescrit de garder la chambre jusqu'à nouvel ordre.

Je suis bien contrarié d'être mis ainsi aux arrêts! Recevez, je vous prie, l'assurance de mes regrets et celle de ma reconnaissance, que j'aurais bien voulu vous exprimer de vive voix *à tous*, pour l'honneur qui m'a été fait; je dis *à tous*, aux amis qui en ont eu la première pensée, au Comité qui l'a favorablement accueillie, et à la Société qui a ratifié par son vote la décision du Comité.

Je crois qu'en cette circonstance mes collègues ont voulu honorer l'homme qui, pendant sa longue carrière, a toujours rempli consciencieusement son devoir, et non seulement le *devoir professionnel*, mais aussi le *devoir social*, qui nous impose l'obligation, dans les petites comme dans les grandes Societés, de respecter scrupuleusement les lois qui les régissent et de ne rien faire qui puisse troubler l'union et la concorde, principales garanties de leur existence.

Je fais des vœux pour qu'il en soit toujours ainsi parmi nous, et vous prie d'agréer, mon cher Président, l'expression de mes sentiments bien dévoués.

G. Loustau.

(*Très bien! Très bien!*)

A cette lettre, Messieurs, se trouve jointe une dépêche qui charge notre secrétaire-archiviste, M. Husquin de Rhéville, de vouloir bien recevoir pour

M. Loustau, la médaille que la Société des ingénieurs civils lui décerne. (*Applaudissements*).

« Mon cher Husquin, voici la médaille qu'à l'unanimité la Société des ingénieurs civils décerne à son trésorier M. Loustau. Veuillez la lui porter selon son désir, et lui exprimer la peine que nous éprouvons tous en pensant à ses souffrances. (*Applaudissements.*) »

Messieurs, puisque je viens de prononcer le nom de M. Husquin de Rhéville, et puisque, si M. Loustau est notre trésorier depuis 32 ans, M. Husquin de Rhéville est notre secrétaire-archiviste depuis 35 ans, (*rires*), pourquoi ne vous dirais-je pas, même dans l'état de défaite où je me suis mis, pourquoi ne vous dirais-je pas ce que j'ai fait ? J'ai trouvé ici, dans les archives de la Société, des demandes de M. Eugène Flachat, de M. Vuillemin, de M. Perdonnet, de M. Alcan, adressées à divers ministres, pour qu'on fasse chevalier de la légion d'honneur le secrétaire-archiviste de la Société des ingénieurs civils (*bravo! Applaudissements*). Et alors, je me suis dit : c'est un devoir impérieux de faire ce qu'on peut, lorsqu'on occupe une place qui vous autorise à l'action. Alors, j'ai pris ma meilleure plume, j'ai écrit au ministre que nous étions une institution quasi-nationale par nos travaux, par nos études, et par nos efforts pour le bien du pays. J'ai écrit que notre vieux collaborateur de tous les jours, qui a pu consommer 26 présidents, c'est le chiffre à l'heure qu'il est, sans en mourir (*rires*), a pris une large part à ces travaux. J'ai demandé au ministre de faire ce qui lui était demandé depuis si longtemps. Mais je ne me suis pas permis d'écrire tout seul. Ne pouvant rien demander aux morts, je me suis adressé aux vivants. J'ai prié mes prédécesseurs à cette place de joindre leurs signatures à la mienne, ce qu'ils ont fait avec empressement. Puis j'ai voyagé dans les ministères. J'espère que le ministre compétent satisfera notre vœu. Il m'a dit et écrit qu'il le ferait. (*Bravo! bravo! Applaudissements.*)

La progression de ce discours m'amène, Messieurs, à un tournant fort délicat dans la voie que je suis. Il faut me mettre en scène, vous parler de moi; et je pressens même que, dans quelques instants, je serai tout seul devant vous. Il est vrai que ce sera le moment de la séparation. Qu'ai-je fait depuis un an à cette place que j'occupe encore pour quelques instants? Parlons d'abord des questions d'ordre matériel.

J'ai rencontré ici une chose, que je connaissais comme détestable : c'était l'état de votre salle. Cette salle était un instrument tout à fait disproportionné à l'usage qu'on en faisait. L'auditeur y était un supplicié et l'orateur un martyre. L'air, la lumière, la chaleur y étaient aménagés à contre-sens et à contre-mesure. C'était, je le répète insupportable, et j'ajoute que c'était peu convenable au centre même de vos compétences réunies. Alors, je me suis dit : il faut approprier la salle des Ingénieurs Civils. J'ai fait le programme des améliorations et j'ai nommé une Commission. Mais, précisément au même moment, je me suis trouvé en face d'une proposition de

la Société Centrale des Architectes qui cherche à s'installer et qui, profitant de ma présidence, me faisait connaître son désir d'acheter notre hôtel. J'ai nommé une seconde Commission. (*Rires.*) Le programme que j'avais soumis à la Commission de la salle se résumait ainsi :

1° Quelque soin qu'on y apporte, les murailles profondes qui entourent la pièce restent *froides* au moment des séances, qui n'ont lieu que tous les *quinze jours.* Elles constituent alors une énorme surface de condensation, où vont s'épuiser toutes les vapeurs de la salle y compris celles de nos muqueuses asséchées. C'est là une cause de souffrance intolérable. On est toujours haletant dans notre salle : Le remède consistera à draper les murs d'une étoffe qui se mettant vite en équilibre de température avec les habitants ne fonctionnera plus comme surface d'absorption des vapeurs expirées.

2° Le gaz développe une chaleur qu'on n'est pas maître de modérer à la mesure des convenances de la salle. Il faut le remplacer par des sources lumineuses froides ou peu chaudes.

3° Le bureau et l'auditoire sont séparés par une barrière de flammes qu'il faut supprimer.

4° Il faut éclairer la salle en plaçant les foyers de lumière aussi loin que possible des habitants, les disposer de façon à ne pas créer d'ombres nuisibles et leur donner assez de puissance pour éclairer richement tout ce qui doit être vu. Il paraît, dans ces conditions, que c'est à des sources lumineuses électriques qu'il faudra recourir.

5° L'appareil de chaleur ne fonctionne plus. Il faut le remplacer par une circulation de vapeur qui passera derrière la draperie couvrant les murs.

6° Enfin, tout entrant ou tout sortant est un trouble parole par le bruit qu'il fait en marchant sur des parquets nus. Il faudra tapisser le sol.

La réalisation de ce programme aurait entraîné à une dépense d'une quinzaine de mille francs. En face de l'éventualité de la vente de l'hôtel, le Comité a pensé qu'il n'y avait pas lieu d'immobiliser ici une aussi grosse somme. Il m'a cependant ouvert un crédit de 5,000 francs.

Comme vous pouvez vous en apercevoir, on a assourdi le sol ; — on a fait disparaître, au moins pour la plus grande partie de l'année, les condensations murales, à l'aide de la tenture provisoire qui vous entoure ; — on a modifié l'éclairage. Dans les mois de juin, juillet, octobre et novembre, vous avez pu voir la salle éclairée abondamment, sans ombres portées sur les champs de vision utile et sans chaleur gênante. Nous avions alors installé des sources de lumière électrique au plafond. Mais le comité avait décidé que nous essayerions plusieurs espèces de foyers lumineux. M. Marché a installé depuis peu les magnifiques becs Siemens qui sont d'admirables sources lumineuses. Mais ils ont l'inconvénient d'être en même temps très calorifiques; et, encore, de ne pouvoir être placés en des

endroits d'où ils ne projettent pas d'ombres. Aussi, j'en demande pardon à mon cher Président, l'ombre, que j'ai en ce moment sur ma main me laisse grand partisan des couronnes lumineuses jadis placées au plafond.

Cependant, Messieurs, notons le bien acquis dans la suppression des lampes qui séparaient le bureau de la salle et laissez-moi me réjouir de vous parler ouvertement front à front, comme je le fais en ce moment.

Qu'est-il advenu des propositions qui nous ont été faites pour l'acquisition de notre hôtel ? nous ne pouvions suivre l'affaire qu'à la condition de nous préparer un nouveau siège social. Nous avons cherché des terrains et pressenti les établissements de Crédit. Un moment nous avons crû pouvoir vous transporter faubourg Poissonnière au coin de la rue Lafayette et vous y projeter une installation proportionnée à vos besoins. La déception, comme souvent cela arrive s'est montrée à nous au moment où nous croyions aboutir. Mon successeur suivra, je l'espère, plus loin que je n'ai pu le faire cette campagne nécessaire et trouvera ainsi l'occasion vraie de rendre parfaite l'installation de votre salle.

Je clos, Messieurs, ce qui a trait aux questions matérielles par un remerciement aux deux commissions qui ont bien voulu m'aider à les servir; et j'arrive à un autre ordre de choses. Je me suis efforcé, ardemment efforcé de mettre un ordre régulier, un ordre permanent, un ordre invariable dans la diversité des travaux de nos séances. J'ai voulu que la première heure de chaque séance fût réglementairement consacrée aux communications et que le reste de la séance appartînt à la discussion de communications faites précédemment; mais jamais à celle du sujet qui vient d'être développé. On parvient ainsi à avoir des ordres du jour certains et, surtout, comme vous avez pu vous en apercevoir, à prévenir utilement toutes les compétences et à alimenter les discussions chaque fois que cela est possible. Je crois, Messieurs, que nous avons gagné quelque avantage de ce côté.

Me voici arrivé à la partie confessionnelle de ce compte rendu. On m'a reproché, Messieurs, d'avoir laissé se produire des questions intempestives au sein de cette société, On a pensé que j'aurais pu, que j'aurais dû arrêter, avant qu'elle n'y parvînt la candidature d'un ingénieur des ponts et chaussées qui a été discutée à votre Comité. Messieurs, il n'est pire chatouilleux que les hommes de devoir et j'estime que c'est un grand bien qu'ils ne sachent pas supporter l'ombre d'un doute sur la correction de leur tenue.

Je vous ai dit à cette place, il y a un an, combien j'aspirais à élargir le champ de vos discussions. La question de l'aménagement des eaux reprise par mon ami, M. Cotard, m'est vite apparue comme une occasion qu'il fallait saisir pour atteindre ce but. Je voyais dans la navigabilité des cours d'eau, qu'il visait spécialement, une question qu'il appartenait à votre société d'éclairer. Elle est très actuelle; les idées n'y sont pas faites; de grandes lacunes appellent les études; de grandes souffrances commandent de se presser. D'un autre côté, elle est très diverse et très compliquée; elle traîne après elle de nombreux corollaires plein d'intérêt. Enfin ce n'est pas parmi vous que se trouvent les hommes d'expérience journalière, puisque

l'administration des cours d'eau appartient à l'État, qui en confie l'entretien à ses Ingénieurs. En engageant cette grosse question, je ne manquai donc pas d'y appeler tous les ingénieurs spéciaux des ponts et chaussées. Vos discussions ont emprunté à ces compétences un caractère de précision qu'elles n'eussent certainement pas eu sans cela.

Mais à la suite de ces argumentations, qui mettaient fructueusement en présence des points de vue et des doctrines de différentes sources, voici ce qui advint. Un de nos plus honorables invités posa sa candidature à la Société. Il avait pris une part active à notre discussion. C'était un ingénieur en chef des ponts et chaussées, de haute compétence dans les applications hydrauliques. Il croyait de bon goût de s'offrir à partager nos charges, alors que nous l'avions mis à même de participer à nos travaux. De mon côté, j'ai pensé qu'une grande Société comme celle-ci recueillait un honneur légitime quand des hommes considérables, qui ne peuvent qu'accroître ses ressources intellectuelles et en tout cas les diversifier, venaient frapper à ses portes. J'ai présenté la nouvelle candidature au Comité. Elle a donné lieu à une discussion approfondie, dont le résultat ne pouvait offenser personne; parce qu'on ne mettait en présence que les principes. On tomba d'accord sur cette interprétation qui m'avait guidé. C'est que nos statuts ne s'opposent pas à l'admission d'un ingénieur des ponts et chaussées. Pour l'admission, elle fut rejetée par 19 voix contre 12 en raison des précédents et des précautions que cette Société désire prendre pour la conservation de son caractère.

Voilà, Messieurs, l'incident administratif, dont quelques-uns d'entre vous ont pu s'entretenir sur des indications plus ou moins vagues, et que j'avais le devoir de vous rapporter dans son exactitude.

Mais tout événement a sa portée dans une réunion comme la nôtre. On peut, et je le crois, on doit dégager celle-ci de la discussion de votre comité. Il y a parmi nous deux opinions aussi sincères, aussi convainçues, aussi passionnées du développement de l'œuvre commune, aussi respectables l'une que l'autre. L'une s'exprime ainsi : « La Société des Ingénieurs civils est un syndicat professionnel. C'est un milieu de famille. Il faut être de la famille pour y pénétrer. Ceux qui n'en sont pas n'y entrent pas. » La formule est limpide et nette. Elle a été éditée par le clair esprit du Président que je vais saluer et mettre sur ce fauteuil dans quelques instants. L'autre opinion dit : « La Société des Ingénieurs civils est une association qui détient la science de l'ingénieur. Elle doit posséder toutes les ressources propres à maintenir chez elle le niveau supérieur de cette science. Ses portes doivent s'ouvrir à toutes les compétences utiles au génie civil. » Je vous disais, Messieurs, que ces deux opinions sont respectables, et je suis sûr qu'aucun de vous ne songe à le nier. On peut ajouter que dans les luttes de l'intelligence comme dans celles des armées, si de bonnes remparts sont précieux dans la défaite, de bonnes troupes découvertes sont nécessaires à la victoire; mais je m'arrête.

Cependant, Messieurs, permettez-moi de vous dire qu'on n'habite pas

tout un an ce fauteuil sans laisser de côté tout égoïsme, égoïsme d'intérêt, égoïsme de passion. On y devient impersonnel, ou bien on n'est pas digne d'être là. A la tête d'une Société comme celle-ci, on n'a plus de ces petites vues qui obscurcissent le but commun, ni de ces petites attaches qui vous font trébucher dans le précipice de la personnalité. A l'heure qu'il est, je n'ai certainement pas la présomption de vous léguer un conseil. Mais je me sens sollicité à formuler devant vous un vœu. Il est bon que les formes constitutionnelles d'une société soient servies par des interprétations qui se groupent en une majorité et en une minorité. C'est un témoignage de force vitale. Mais il serait dangereux qu'une opposition d'idées se transformât sur ce terrain en esprit d'exclusion. Je fais un vœu, Messieurs : Que ce mal ne naisse jamais chez nous !

Messieurs, permettez-moi d'accomplir un dernier devoir. J'ai beaucoup de remerciements à exprimer, car il m'a fallu beaucoup d'aide pour remplir une tâche qui n'était pas aussi facile qu'il peut vous sembler.

Je remercie d'abord le bureau; mais en le remerciant je vous demande de me laisser nommer quelqu'un. Je suis sûr qu'aucun des collègues qui m'entourent ne m'en voudra. Laissez moi donc insister sur le dévouement d'un membre de ce bureau, qui a toujours du travail à donner à la Société. Quelle que soit l'heure, quel que soit le jour auxquels on l'attaque, il est toujours prêt, il a toujours de la compétence à fournir. Eh bien ! ce membre-là, c'est M. Brüll. (*Bravo ! applaudissements.*)

Messieurs, je remercie le Comité et je remercie la Société de tout mon cœur. Ah ! c'est bien de tout mon cœur, je vous assure, car, avec votre concours, cette année ne s'est pas trop mal passée. Or les choses ne s'offraient pas si faciles il y a un an ! Soyons francs ! Vous m'avez mis ici à ce fauteuil avec cinq voix de majorité. J'avais donc à ma disposition 85 parties de blanc et 80 parties de noir. Et avec cela que pouvais-je faire? un pauvre petit gris. (*Rires.*) Ce n'était pas riche. Nous avons pourtant fait mieux que cela ! Je vous demande néanmoins, Messieurs, de remarquer combien j'ai été religieux de vos votes, combien j'ai été soumis à ce qui, à mes yeux, doit être désormais servi comme une vraie religion en France : je veux parler des scrutins des corps auxquels on appartient. Aussi, Messieurs, suis-je arrivé ici, le cœur largement ouvert, à l'appel de votre petite majorité. Et j'ajoute, si quelques-uns d'entre vous ont quelquefois eu à se plaindre des sévérités du Président, qu'ils accusent l'ordre du jour qui n'est jamais qu'un brutal ! Mais qu'avec vous tous ils disent que j'ai toujours apporté dans cette enceinte une large dose de belle humeur. (*Applaudissements.*)

Mon cher Président, c'est le moment de s'exécuter ! Je vais vous prier de vous asseoir sur ce fauteuil; permettez-moi de vous dire qu'il est moëlleusement rembourré de tous nos votes. Il n'en manque aucun. Asseyez-y

donc avec confiance, votre belle jeunesse d'abord; puis le prestige que vient d'y ajouter votre récente nomination de professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures. (*Bravo! Bravo! salve d'applaudissements.*)

M. Marché prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Messieurs et chers Collègues,

Je n'ai pas besoin de vous dire en prenant possession de ce fauteuil, sur lequel j'ose à peine m'asseoir, combien est vive et profonde l'émotion que j'éprouve.

Pour tous ceux de nos maîtres qui ont jusqu'ici occupé cette place, vos suffrages étaient un honneur qu'ils appréciaient, dont ils étaient fiers sans doute, mais qu'ils savaient bien avoir mérité.

Lorsque je fus reçu membre de la Société, il y a vingt ans, j'étais des jeunes, de ceux qui entrent dans la carrière et je voyais à ce fauteuil siéger des présidents qui s'appelaient Flachat, Petiet, le général Morin...

Secrétaire en 1871, j'arrive, prématurément peut-être, en dix ans à peine, à ce poste si justement envié.

J'ai toujours vécu ici dans une atmosphère de bienveillance et de sympathie qui me pénétrait et me fortifiait. Cette bienveillance de mes aînés et cette sympathie de mes amis, ne se sont jamais démenties et je me souviens qu'un jour d'élections où de nombreux suffrages m'appelaient à faire partie de votre Comité, un de nos collègues me disait que j'étais le Benjamin de la Société.

Que dirai-je donc aujourd'hui, sinon que je pense que vous avez voulu me fournir l'occasion de vous prouver ma reconnaissance en m'imposant un grand devoir.

Tout en redoutant donc de ne pas être à la hauteur de ce que vous attendez de moi, j'accepte, avec la ferme intention de lui consacrer toutes mes forces et tout mon dévouement, la tâche lourde que vous me confiez, mais vous me permettrez de décliner l'honneur, jusqu'à ce que je l'aie mérité en vous étant utile.

D'ailleurs je tiens à constater que votre choix de cette année a une signification spéciale.

Tous les présidents de la Société, depuis le premier : Eugène Flachat, dont je me glorifie d'avoir été le dernier élève, jusqu'à mon prédécesseur, M. Émile Trélat, dont la parole éloquente retentit encore à nos oreilles, et dont les grands aperçus vous ont ouvert de si vastes horizons, ont été appelés par vous à la tête de la Société afin qu'ils la couvrent de leur prestige personnel, afin qu'ils lui donnent éclat et puissance par leur compétence, le souvenir de leurs grands travaux et de leur concours à la création même de notre profession.

Vous vous sentez aujourd'hui assez forts, assez unis, pour être sûrs, qu'au contraire, vous conférez l'autorité et la notoriété à celui que vos sympathies appellent à vous représenter.

Quand on disait à l'origine de notre Société peu connue : Qu'est-ce que la Société des Ingénieurs civils? On pouvait répondre : c'est la Société que président Eugène Flachat, Perdonnet, Polonceau, Petiet, le général Morin, pour ne parler que de ceux qui ne sont plus et quoique je puisse les nommer tous.

Actuellement je puis dire, et cela suffit, à qui ne me connaît pas : je suis le Président de la Société des Ingénieurs civils. — Mais quand un régiment défile et qu'on s'incline lorsque le drapeau passe, si le porte-drapeau — un modeste officier — se redresse fièrement, il sait bien que c'est le drapeau et non pas lui qu'on salue. (*Applaudissements.*)

Le but que poursuivaient les fondateurs de la Société est en effet aujourd'hui complètement atteint. Ce but était double; il est défini dans l'article 2 de nos statuts, il est surtout consacré par 35 ans de traditions fidèlement maintenues : la discussion et le travail en commun éclairant les questions d'art relatives au génie civil et le développement des sciences appliquées aux grands travaux de l'industrie, d'une part, et de l'autre le groupement en un faisceau compact de tous les ingénieurs libres, au service de l'industrie privée.

Aujourd'hui, la Société est à la fois une grande Société savante et industrielle et le Syndicat professionnel des ingénieurs civils. (*Très bien! Très bien!*)

Ce syndicat professionnel est largement ouvert, sans aucune distinction d'origine, à tous les ingénieurs qui servent la cause de cette grande force de notre démocratie moderne : l'industrie privée; qui la servent librement, en en acceptant tous les risques, tous les dangers, en acceptant surtout cette condition qui la caractérise : la responsabilité personnelle de ses œuvres. (*Applaudissements.*)

C'est ici, dans cette enceinte même, que s'est constitué, en dehors de tous les précédents d'école, le groupement des ingénieurs civils; c'est ici que, par la communauté des travaux, l'unité des vues, la défense des mêmes principes, le combat pour l'existence, en un mot, se sont formés les liens qui nous unissent, liens volontairement noués et d'autant plus solides.

Votre nouveau Président considère, Messieurs, le maintien et la consolidation de cette union comme le plus impérieux de ses devoirs. (*Bravos.*)

Les incidents des dernières séances du Parlement et la discussion du budget extraordinaire des travaux publics ne sont-ils pas d'ailleurs venus démontrer combien il est heureux pour le pays lui-même, que l'industrie privée ait constitué un centre où se trouvent réunis toutes les compétences, tout le savoir, toute la pratique de son état-major et qu'il y ait ici une tribune où elle peut se faire entendre ?

Jamais, en effet, on n'a tant parlé de l'industrie privée et on n'a paru lui faire appel avec autant d'unanimité : les pouvoirs publics, le Parlement,

l'administration déclarent et répètent qu'ils sont disposés, pour la réalisation des grands travaux publics dont la troisième République tient à doter le pays, à demander le concours de cette industrie privée qui est tout en Angleterre et en Amérique, qui n'était rien, ou à peu près, en France au commencement de ce siècle.

Mais il importe d'abord de savoir si, en demandant ce concours à une œuvre visiblement trop lourde pour la seule industrie de l'État, ceux qui nous adressent ces appels répétés, se rendent bien compte de ce qu'est aujourd'hui l'industrie privée en France.

Pourquoi suppose-t-on qu'elle permettrait de résoudre les problèmes complexes soulevés par le grand programme de travaux publics qui porte le nom de M. de Freycinet? En quoi les solutions qu'elle peut apporter différeraient-elles de celles proposées et dont la mise à exécution est commencée par l'État ? Quelles vertus spéciales aurait l'industrie privée dans les circonstances actuelles? Vous le savez tous trop bien, Messieurs, mais il est utile de le dire ici en votre nom.

En France, l'État centralisé a un organisme et un personnel spécial pour l'exécution de ses travaux publics, mais les œuvres à accomplir sont de deux espèces, les œuvres d'État et les œuvres d'industrie privée.

Ce qui, à mon sens, constitue le caractère de l'œuvre d'État, c'est, je ne dirai pas qu'elle est nécessairement improductive, mais que ses résultats sont surtout moraux et, en tout cas, à longue échéance, qu'il est par conséquent indispensable que l'État, qui recueille et concentre les ressources du pays, exécute ces travaux, avec l'argent de tous, afin que les résultats en soient acquis à tous, aujourd'hui, demain ou plus tard.

Voici par exemple la construction des écoles : En augmentant, en améliorant l'instruction, en la faisant pénétrer dans les entrailles du pays, on prépare de nouvelles générations de citoyens plus instruits qui travailleront davantage et mieux, qui accroîtront la richesse intellectuelle du pays autant que sa prospérité matérielle et qui rendront à la France, dans vingt-cinq ou trente ans, en travail, en moralité, en talents, en patriotisme, ce qu'elles auront reçu de leurs pères et de leur pays. La conception et les dépenses de ces écoles incombent donc à l'État qui n'a à faire appel à l'industrie privée que pour leur exécution. Ceci est une véritable œuvre d'État.

On en peut dire autant des routes et des ponts, de l'amélioration des cours d'eau, d'une partie des travaux de port, de tous les travaux qui se rapportent au maintien du domaine national, comme de ceux qui concernent la défense du territoire.

Mais quand il s'agit de travaux dont les résultats sont immédiats, dont les services peuvent être rémunérés par ceux-là mêmes qui en profitent, il peut et il doit y avoir une œuvre d'industrie privée.

Lorsqu'un travail d'utilité publique, est confié à l'industrie privée, celle-ci réunit les capitaux nécessaires, à charge par elle de les rémunérer et de les rembourser avec les produits de l'exploitation, elle l'étudie et en établit le projet, elle l'exécute et elle l'exploite.

Il n'y a d'œuvre d'industrie privée, complète et en ayant tous les avantages, toutes les vertus, que si toutes ces conditions sont réalisées.

On ne constitue pas une véritable œuvre d'industrie privée parce qu'on demande au public son épargne, si projet, exécution et exploitation sont directement ou indirectement faits par l'État. On ne fait pas une œuvre d'industrie privée en confiant à celle-ci l'exploitation d'un travail conçu et exécuté par l'État : il faut que ce travail soit étudié et projeté par celui qui doit l'exploiter.

Car le caractère distinctif de l'industrie privée, c'est que seule elle comprend et applique le principe de la rémunération.

Quand elle engage une opération quelconque, elle doit assurer une recette, un produit destiné à couvrir ses dépenses d'exploitation, l'intérêt et l'amortissement des capitaux qui lui sont confiés, et, s'il est possible, un excédent constituant un bénéfice.

Une relation inflexible lie donc pour elle le coût de la construction, le système d'exploitation et le prix à exiger en échange du service rendu.

Qu'elle installe une usine, une forge, une aciérie, un atelier de construction de machines, une exploitation de mines, elle s'assure les moyens d'agir sur tous les éléments de cette relation nécessaire, pour qu'elle soit toujours satisfaite. Et quand elle aborde les services publics, distribution d'eaux, éclairage, chemins de fer, irrigations, il lui faut y trouver également la liberté de ses mouvements et de ses combinaisons pour assurer l'équilibre des recettes et des dépenses, satisfaire à ce que j'appelle l'*équation de l'industrie privée.*

L'État n'est pas dans ces conditions. On ne lui demande jamais de mettre la recette en face de la dépense à effectuer, il ne lui serait pas permis de se refuser à faire une dépense, par cette raison qu'elle n'est pas immédiatement rémunératrice et ce sont de toutes autres considérations qui doivent le guider en matière de travaux publics.

Quand il exécute ses travaux publics, c'est à l'emprunt qu'il demande le capital de premier établissement; mais c'est au budget ordinaire, chapitre du service de la dette publique, que les charges d'intérêt et d'amortissement sont inscrites, *noyées* dans le lourd bloc des sacrifices qui nous ont été imposés par les anciens travaux, et, hélas! aussi, par nos désastres récents.

Aucune corrélation n'existe entre ces charges et les revenus possibles qu'on ne peut jamais présenter les uns en face des autres.

L'État construit donc sur types conçus d'avance et de forme générale, largement, grandement, lentement, sans qu'il lui soit permis de se préoccuper beaucoup de la future exploitation... Le programme Freycinet, en ce qui concerne les chemins de fer, n'a-t-il pas été établi, voté, engagé, sans qu'on sût, sans qu'on voulût même savoir par qui et comment les chemins seraient exploités?

Aussi avons nous pu voir, le programme posé, le budget largement ouvert à tous les projets, la dépense d'abord évaluée modestement à 4 mil-

liards, grossir de mois en mois, atteindre 6, 7, 8 milliards et démesurément agrandie, enflée, gonflée, former ce monstre de 9 milliards qui vient d'échouer sur le rivage... Ceux-là mêmes qui lui avaient donné la naissance, consternés, ne veulent plus le reconnaître et on en peut dire comme le poète :

Le flot qui l'apporta, recule épouvanté.

(*Bravo ! Très bien ! très bien !*)

Et, il faut bien le constater, quoi qu'on semble ne le pas vouloir dire, ce n'est pas tant le chiffre énorme des dépenses à faire qui cause les grandes inquiétudes qu'on a exprimées; les ressources du pays, sans être inépuisables, ont une assez grande puissance pour les couvrir. Mais c'est qu'on sent bien que ces travaux, quelle que soit leur utilité, resteront bien longtemps sans rémunération possible et grèveront l'avenir de charges sans cesse croissantes... Ce monstre de 9 milliards est prolifique, et si on n'y met bon ordre, il fera beaucoup de petits et des petits milliards.

Un illustre savant, avec lequel je m'entretenais il y a quelques jours de voie large et de voie étroite, à propos du chemin de fer transsaharien projeté d'abord à large voie, me rappelait, avec cet esprit et cette bonhomie des hommes de son temps, que Napoléon Ier déclarait s'être souvent préoccupé des causes de la singulière et rapide disparition des grandes familles de la noblesse française qui, après avoir jeté le plus vif éclat, s'étaient tout à coup dispersées; il avait fait faire des recherches nombreuses et il était arrivé à cette conclusion que, devenus trop riches, les porteurs des plus grands noms de France avaient perdu leur fortune, ruinés par leurs intendants, et surtout.... par leurs architectes. (*Rires.*)

Ces architectes, Messieurs, c'étaient les grands artistes des seizième et dix-septième siècles auxquels on doit ces splendides châteaux, ces joyaux de la France, tant admirés de la postérité, qui s'appellent Anet, Chenonceaux, Chambord, Pierrefonds... mais dont la construction a absorbé toute la fortune de ceux qui les ont fait édifier...

Ah ! Messieurs, redoutons que dans l'avenir on puisse jamais accuser les ingénieurs de notre époque, ingénieurs de l'État et ingénieurs civils, chacun avec leur part de responsabilité, d'avoir, tout en créant de grandes œuvres, mal employé la fortune de la France, d'avoir appauvri le pays en voulant l'enrichir, en construisant dans nos ports, des bassins magnifiques où les navires n'entrent pas, des canaux sans batellerie, des chemins de fer sans voyageurs... d'avoir été, pour la France, des intendants et des architectes imprévoyants. (*Très bien ! très bien !*)

Méditons, puis agissons, et revenons-en le plus tôt possible à l'*équation de l'industrie privée*. (*Applaudissements.*)

Quand mon ami, M. Gottschalk, prononçait en 1880 son discours d'installation, il vous appelait à discuter cette grande question, M. Level ouvrait le débat par sa note sur le classement du réseau complémentaire,

M. Cotard posait ce qu'il appelait si justement la question préjudicielle en demandant si avant de faire tant de nouvelles voies de communications, il ne fallait pas songer, par des travaux utiles à l'agriculture, à développer la production même, créer la richesse avant de s'occuper des moyens de la répartir. Un grand débat qui a occupé plusieurs de vos séances s'est alors engagé, il a un peu dévié, par la force des choses, et il s'est concentré sur les questions soulevées par le rachat et l'exploitation par l'État.

Mais néanmoins, on peut relire les procès-verbaux de cette discussion et on y trouvera nettement indiquées et prévues, les difficultés au milieu desquelles on commence à se débattre... Cette discussion a été brillante, elle n'a pas été sans influence sur les modifications qui se sont produites dans l'état de l'opinion publique, mais elle est restée pour ainsi dire suspendue. Elle me paraît devoir être reprise en tenant compte des éléments nouveaux qui nous ont été apportés pendant ces deux dernières années.

Ces éléments nouveaux sont les premiers effets de la méthode adoptée pour l'exécution du plan Freycinet et les résultats de l'exploitation du réseau de l'État.

La question pour les travaux engagés est, en effet, posée actuellement dans ses deux données extrêmes, le coût du premier établissement, base du calcul des charges, et la fixation des tarifs, base des revenus à réaliser.

Le fait saillant est celui-ci : les 17,000 kilomètres de chemins de fer dont l'État assume la construction, dans un délai plus ou moins rapproché, sont évalués aujourd'hui à 275,000 francs le kilomètre.

Ces chemins, construits par l'État, à l'aide des ressources de l'emprunt, — en 3 0/0 amortissable si l'on veut — représenteront une charge d'intérêt de 12,000 francs par kilomètre. On inscrira donc au budget, après avoir dépensé 300 millions par an pendant 15 ou 16 ans, une annuité de deux cents millions.

Mais quelles seront celles de ces lignes dont la recette atteindra les frais d'exploitation, et combien y en aura-t-il qui laisseront un déficit à ajouter annuellement, et longtemps, aux 200 millions précédents ?

Première difficulté.

Mais, par ailleurs, on a créé un réseau constitué avec les épaves du naufrage des Charentes, des Vendées et autres; on l'exploite *provisoirement*, on l'exploite bien, je l'admets, mieux que les grandes compagnies ne l'eussent fait, soit, autrement à coup sûr, mais on l'exploite en *réseau d'État*...

Rappelons-nous, Messieurs, que lorsqu'on combattait ici l'exploitation par l'État, montrant l'exemple de la Belgique, on insistait sur cette conséquence inévitable, forcée, de l'intervention de l'État, l'abaissement des tarifs fait au profit de quelques-uns, en reportant la différence entre les recettes et les charges sur les contribuables. — Eh bien, dès les premiers pas, nos admininistrateurs du chemin de l'État sont tombés dans le piège, ils paraissent d'ailleurs s'en féliciter, et nous voyons un réseau local, ne desservant qu'une région limitée du pays, qui produit 6 à 10,000 francs par

kilomètre, qui applique des tarifs *mathématiques*, en opposition aux tarifs *commerciaux*, et qui transporte les voyageurs à moins de quatre centimes par kilomètre, la marchandise à moins de six centimes par tonne kilométrique. — C'est un modèle qu'on présente aux compagnies d'initiative privée, grandes et petites, — un modèle pour faire faillite, car enfin le résultat sur les 2,000 kilomètres du réseau de l'État, est un produit net de trois millions pour des lignes dont l'ensemble a coûté plus de 400 millions au Trésor — je dis au Trésor, je ne dis pas au pays.

Ah! cette question des tarifs, qu'il est utile de la reprendre et de la traiter ici...

On parle beaucoup des tarifs mathématiques, des barèmes qu'on croit avoir inventés et qu'il faut absolument appliquer partout, sur tous les chemins, quels qu'aient été leurs prix d'établissement, quel que soit leur tracé, quelle que soit l'importance du trafic.

Les tarifs à base décroissante, les tarifs méthodiques, mais ce sont les compagnies qui les ont créés, elles les appliquent depuis longtemps et les formules de leurs barèmes, j'ai bien le droit de le dire, vous les trouverez dans les procès-verbaux de la Société, à une date bien antérieure à tous ces débats.

Mais les formules sont différentes et leur uniformisation est plus difficile qu'on ne le croit. — On résout la question en déclarant qu'il faut appliquer sur tout le réseau, sans distinction de direction, de nature de chemin, la même formule, en prenant pour chaque série les prix les plus bas appliqués jusqu'ici sur la ligne la plus favorisée... La conséquence inévitable, c'est partout une réduction considérable des recettes actuelles.

Les mêmes formules, celles de l'État, seront nécessairement imposées à toutes les lignes nouvelles et ainsi, à l'avance, on en limite les recettes à des taux tellement inférieurs sur ces chemins à trafic si faible certainement à l'origine, qu'on accentue à plaisir les déficits de l'exploitation quels que soient ceux qui en seront chargés.

Seconde difficulté :

Que devient, dans ces conditions, notre équation de l'industrie privée? Pendant qu'on fixe au *maximum* le terme des dépenses, on impose un *minimum* à celui des recettes.

Sur les 17,000 kilomètres formant le programme dans son état actuel, 4,000 sont ouverts, 5,000 sont en construction et, pour cette moitié du programme aujourd'hui engagée, il y a lieu de craindre que ces conditions ne puissent être modifiées. — On peut parler maintenant d'en confier l'exploitation à l'industrie privée, on peut négocier avec les grandes compagnies pour en augmenter leur réseau, au grand étonnement de l'opinion publique à laquelle on a démontré que l'étendue des réseaux actuels excédait les limites d'une bonne administration. On peut demander à ces compagnies de constituer un second déversoir, des produits du deuxième réseau sur le troisième. Avec les tarifs mathématiques, on tarit les sources des déversoirs, du premier comme du second, le troisième

réseau aura le sort du deuxième, et c'est encore l'État, toujours au chapitre de la dette publique, qui soldera le déficit.

Heureusement, il reste 8,000 kilomètres dont la construction n'est pas encore entamée et, pour ceux-là comme pour les chemins d'intérêt local proprement dit, il est encore temps de s'adresser franchement et sincèrement à l'industrie privée, et c'est à ce point de vue que je vous propose, Messieurs, de consacrer une ou deux séances à une nouvelle discussion. Dans cette discussion, laissant de côté toutes récriminations sur le passé— et c'est pour cela que je me suis permis de vous entretenir un peu longuement d'un sujet qui vous est à tous si familier — je vous demanderai de *formuler* les solutions pratiques que l'industrie privée peut apporter, je vous demanderai d'être précis, de faire connaître les résultats obtenus déjà dans certaines combinaisons d'initiative privée, sur les chemins des Dombes, d'Anvins à Calais, de la Meuse et tant d'autres, comme économie de premier établissement et comme proportionnalité des dépenses d'exploitation aux recettes possibles et de donner une forme pratique aux combinaisons possibles pour la réorganisation des parties déjà engagées du troisième réseau, comme pour le choix des solutions pour les lignes à faire.

En un mot, l'honneur de notre profession et notre patriotisme nous font un devoir de démontrer ici, d'une manière irréfutable, que l'industrie privée est capable d'achever le réseau de nos voies de transport et d'en compléter l'outillage sans grever nos budgets à venir, comme elle a montré, en 1870, qu'elle pouvait fabriquer des canons pour la défense nationale. (*Applaudissements.*)

Nous avons à l'ordre du jour une discussion de la communication de M. Fousset sur l'établissement des chemins de l'Algérie qui soulève la question, déjà traitée ici, de l'emploi de la voie étroite; c'est l'amorce d'un débat qui peut être élargi, comprendre l'étude de tous les moyens de construire des chemins économiquement et de les exploiter rationnellement.

Je ne veux pas ici tracer un programme de nos travaux, car ce programme vous paraîtrait trop ambitieux et je ne puis qu'énumérer les questions parmi lesquelles pourront être choisis les sujets de vos communications, en ce qui concerne l'intervention des ingénieurs civils dans les travaux publics.

En nous entretenant des chemins de fer nous ne négligerons pas d'indiquer les modifications que peuvent et doivent réaliser les compagnies actuelles, dont l'exploitation n'est pas plus parfaite qu'aucune des œuvres de l'industrie que les progrès de chaque jour doivent exciter à se transformer et à s'améliorer sans cesse.

On nous tiendra, je l'espère, au courant des résultats donnés par les essais poursuivis sur l'emploi des freins continus, afin d'établir les considérations techniques qui peuvent être la base du choix à faire entre les

nombreux systèmes proposés, considérations qui, à mon avis, devraient être plus puissantes que le besoin d'uniformité qui inspire les prescriptions administratives.

Ajoutons le tracé et l'exécution des nouveaux canaux, la grosse question des canaux du Rhône, l'aménagement et l'outillage des ports, les questions nouvelles soulevées en matière de navigation par la construction des grands paquebots et la réorganisation des services maritimes, postaux et commerciaux, et l'énumération des questions que nous pouvons traiter sera encore incomplète.

J'oubliais de rappeler que nous avons, en tout cas, à terminer, par l'examen, des questions de traction, la discussion engagée sur le chemin de fer métropolitain de Paris et que j'espère aussi que l'énorme question de l'assainissement de la capitale donnera lieu à de nouvelles études.

En vous parlant ici, Messieurs, de consacrer quelques-unes de nos séances à discuter de grandes questions de principe, j'entends rester dans la voie que mon prédécesseur a si bien élargie, en imitant les traditions des grandes sociétés anglaises, mais je vous demanderai la permission de faire, sinon une réserve, au moins une remarque importante.

Nos statuts (art. 45) nous interdisent, et je considère cette prescription comme fort sage, d'exprimer un avis officiel sur une question d'art. Cependant quand nous avons terminé de discuter une question, il se dégage de l'ensemble de la discussion, de la lecture du procès-verbal, une impression générale, une sorte d'avis moral qu'on peut considérer parfois et qu'on considérera souvent, quoi que nous fassions, comme l'opinion des ingénieurs civils.

Quand les questions sont importantes, qu'elles ont un caractère général, il importe de tenir compte de cette conséquence inévitable de la discussion et cela me paraît imposer à ceux de nos membres les plus autorisés le devoir d'intervenir dans nos débats, toutes les fois qu'ils ont quelque chose d'utile à dire. Ils n'ont pas le droit de garder par devers eux le fruit de leurs travaux et de leur expérience, ils ne doivent pas permettre qu'on puisse dire : Voilà l'opinion de la Société, sans qu'ils soient intervenus.

Je ferai donc tout mon possible pour vaincre les timidités ou l'indifférence de tous ceux dont l'intervention sera nécessaire pour qu'en lisant le procès-verbal de l'une de nos discussions on puisse, s'il s'en dégage une conclusion nette, pouvoir affirmer que cette conclusion résulte des opinions exprimées par des ingénieurs civils et surtout par ceux qui connaissent le mieux la question et qui sont les mieux autorisés à la traiter. (*Approbation.*)

Vous me permettrez maintenant, Messieurs d'aborder un autre ordre d'idées et de vous entretenir d'un sujet qui ne manque ni d'intérêt, ni d'actualité, je veux parler de l'électricité et de ses applications à l'éclairage et au transport et la distribution de la force motrice. Je me crois obligé de vous en entretenir, *quoique* je ne sois pas électricien et même *parce que* je ne suis pas électricien.

Il faut reconnaître que dans le développement de nos travaux courants depuis vingt ans, il y a eu une véritable lacune à cet égard.

Quand nous sommes allés visiter et étudier ensemble l'Exposition de 1881, où tant de surprises nous attendaient, j'avais rappelé dans notre première réunion au palais des Champs-Élysées, les communications successives faites à la Société sur cette question, croyant sincèrement qu'elles nous avaient tenu au courant des progrès de la science.

Je dois avouer que nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que toute une partie des travaux suscités par cette nouvelle branche des connaissances des lois de la nature, ne nous avait pas été révélée en temps utile, que depuis 1862, date à laquelle l'Association britannique pour l'avancement des sciences adoptait pour la mesure des grandeurs électriques, un ensemble d'unités fondé sur les unités absolues, et créait le système C G S; on avait inventé un nouveau langage scientifique, resté le privilège d'un petit nombre d'initiés.

Des constatations délicates effectuées au laboratoire des plus grands physiciens, des études analytiques dues aux plus grands savants, avaient constitué un ensemble de démonstrations et de théorèmes nouveaux auxquels il semblait que l'insuffisance de notre bagage scientifique et de nos souvenirs d'école devaient nous tenir à jamais étrangers.

Quand M. Monnier nous a résumé le système de mesures des grandeurs électriques et les principes de l'électrométrie, beaucoup d'entre nous ont été surpris et quelque peu déconcertés.

Nous avions vu le plus souvent, nous, industriels, les études du laboratoire et les recherches des analystes précédés par les applications industrielles. On avait installé bien des machines à vapeur avant que les physiciens nous eussent fait connaître le nombre de calories développées dans la combustion d'un kilogramme de houille et que la théorie et les lois de la formation et de l'emploi de la vapeur, aient été formulées. Et quand ces données ont été fournies aux industriels, elles leur ont indiqué la voie dans laquelle la recherche des progrès devait être poursuivie.

En électricité, le contraire s'est produit. Si d'un côté nous avons été tenus, avec le vulgaire, dans l'ignorance du nouveau langage scientifique, ce que je constate avec une sorte de remords, il y a lieu de penser que le développement des applications industrielles en a été considérablement entravé.

D'autre part, les résultats de laboratoire, que trop d'électriciens ont pris comme seule base de leurs espérances et de leurs promesses, ont fait naître bien des illusions que la pratique va cruellement détruire.

En effet, le devoir du physicien qui recherche les lois naturelles des phénomènes, est justement d'écarter absolument toutes les actions étrangères qui les modifient et les dérobent à leur recherche, de les écarter ou d'introduire toutes les corrections nécessaires pour tenir compte de leur effet.

L'analyste, qui veut exprimer ces mêmes lois en formules, en équations, élimine également les termes relatifs aux phénomènes accessoires.

Mais hélas ! ces actions étrangères, ces résistances passives, ces effets de l'imprévu, jouent dans les applications industrielles un rôle prépondérant.

Que d'illusions sont résultées de ces hypothèses pour certains électriciens. Par sa nature et l'imprévu de ses manifestations, l'électricité surexcite fort les imaginations trop vives. Que d'électriciens sont poètes, et pour quelques-uns qui admettent la grande influence des coefficients pratiques, combien en est-il qui pensent faire aux sceptiques une large concession en admettant de « légères corrections aux résultats de la théorie ? »

Un autre danger est venu menacer, depuis l'Exposition de 1881, le progrès réel de l'électricité. En France, en Angleterre surtout, les spéculateurs sont intervenus et, plus ou moins sincèrement, ont encore enchéri sur les illusions des théoriciens.

Pour parler le langage métaphorique des harangues officielles entendues en 1881, il a paru, un instant, que l'homme, prenant possession du domaine de l'électricité, avait dérobé la foudre à Jupiter, arraché les rayons lumineux du front d'Apollon... pour faire les affaires de Mercure, le dieu de la Bourse.

La situation s'est améliorée, une réaction s'est produite, si le silence s'est fait après l'Exposition, c'est que les électriciens se sont recueillis, que des praticiens sincères sont intervenus, qu'on est passé du domaine du laboratoire scientifique aux premières applications industrielles et à ce que j'appellerai le laboratoire industriel... deuxième phase qui pourra conduire l'électricité à la pratique réelle, c'est-à-dire à la constitution de l'usine et du service public.

C'est là une sorte de moment psychologique que la Société doit saisir pour faire appel aux communications sur la question, pour l'étudier et la discuter en commun.

Avant la fermeture de l'Exposition, une Commission spéciale, formée de MM. Allard, Joubert, Leblanc, Potier et Tresca, a été chargée de faire des expériences sur les machines magnéto et dynamo-électrique, les lampes, les accumulateurs, etc.

Les résultats de ces expériences, continuées depuis 1881, ont été successivement communiqués à l'Académie des sciences et ont reçu une large publicité.

D'autres séries d'essais d'un caractère pratique ont été organisées, et j'ai eu l'occasion d'en suivre quelques-unes.

Un ensemble de données pratiques commence à se dégager de ce travail considérable, et je vous demanderai la permission de vous résumer brièvement quel me paraît être, à l'heure actuelle, l'état de nos connaissances, afin de constituer une sorte de point de départ pour les communications qui pourront vous être présentées cette année et qui, j'ai lieu de l'espérer, seront nombreuses.

Je vous disais que nous avions été un peu surpris du nouveau langage scientifique adopté par les électriciens; mais, vous le savez aussi, nous

n'avons pas tardé à repérer les nouvelles unités aux unités mécaniques qui nous sont familières.

C'est le principe de la conservation de l'énergie qui établit le lien direct entre la mécanique et les forces physiques.

Force vive, travail, énergie potentielle et chaleur, telles sont les formes que peut prendre l'énergie dans les transformations qu'elle subit et qui se produisent sans qu'il y ait jamais perte ou création d'énergie.

Le travail que nous exprimons en kilogrammètres (ou en chevaux, leur multiple) est le produit d'une force exprimée en kilogrammes et d'un espace parcouru exprimé en mètres, ou celui d'une masse par le carré d'une vitesse (force vive).

Or, l'énergie potentielle d'un courant est exprimée par le produit $\frac{EI}{g}$. Si I le courant, la quantité d'électricité produite par unité de temps, est exprimé en *ampères*, et E, la force électro-motrice, la chute de potentiel, la différence de niveau électrique est exprimée en *volts*, le produit $\frac{EI}{g}$ est exprimé en kilogrammètres[1].

Cette donnée, qui nous permet de mesurer le travail que peut développer ou qui produit un courant électrique dont les conditions sont connues par la mesure de deux quantités, fait apparaître le kilogrammètre, notre unité familière, et elle ouvre aux phénomènes électriques la porte du domaine industriel.

Ajoutons à cela la donnée de la résistance — rapport de la chute de potentiel au courant — qui s'exprime en *ohms* et la relation entre la chaleur et le travail, et nous allons pouvoir procéder à des vérifications pratiques.

Une machine motrice quelconque, à vapeur ou à gaz, développe un travail qu'on peut facilement mesurer, à l'aide du dynamomètre, des constatations de dépense, des mesures de diagrammes.

Ce moteur actionne une machine dynamo-électrique, et un courant se produit. Entre les bornes de la machine, on peut mesurer et le courant I, quantité d'électricité qui s'écoule par seconde, en ampères, et la force électro-motrice E en volts, on a donc le produit $\frac{EI}{9,81}$ exprimé en kilogrammètres, et par un chiffre toujours inférieur à celui fourni pour le travail de la machine.

Voilà une machine à gaz qui donne 300 kilogrammètres (4 chevaux); elle actionne une machine dynamo (type D_2 de Siemens). Le courant produit est de 31 ampères, la chute de potentiel est de 78 volts; on a donc une énergie potentielle de 249 kilogrammètres.

1. M. W. Siemens a proposé d'appeler *Watt* le produit d'un ampère par un volt. Le watt est alors égal à 9,81 kilogrammètres environ 10 kilogrammètres.

51 kilogrammètres ont disparu dans cette transformation, absorbés par les frottements et d'autres circonstances mal définies encore.

Le rendement de la machine dynamo a donc été de 83 pour 100.

On a souvent indiqué qu'avec une machine bien construite et convenablement disposée, 90 pour 100 du travail mécanique qui lui est transmis est converti en travail électrique.

Les expériences de la commission dont j'ai parlé ont donné des chiffres assez variables suivant le type des machines et suivant la nature du courant produit, c'est-à-dire sa force électro-motrice. Ils ont varié de 86 à 71 pour 100; leur moyenne générale est de 80 pour 100.

Continuons l'expérience ci-dessus :

Les mesures effectuées entre les bornes de la machine, se renouvellent entre les bornes de la lampe à pendule alimentée par la machine dynamo.

On constate que la chute de potentiel qui était de 73 volts à la machine, n'est plus à la lampe que de 52 volts, c'est donc 33 pour 100 de la hauteur de chute électrique qui est absorbée par le passage à travers les conducteurs, le travail utile consommé dans la lampe est alors de 165 kilogrammètres, c'est-à-dire 66 pour 100 du travail électrique fourni par la machine et qui était de 249 kilogrammètres et 55 pour 100 des 300 kilogrammètres fournis par le moteur.

Dans les essais de la commission Allart, Joubert, etc., on a trouvé en travail utile recueilli par les lampes de tous systèmes essayés, arcs et incandescence, petits et gros foyers, un rendement variant de 71 à 85 pour 100 du travail électrique, en moyenne 75 pour 100 et de 53 à 69 pour 100 du travail moteur, en moyenne 60 pour 100.

Il faut dire que les constatations relatives aux courants sont bien délicates, on doit observer des mouvements d'aiguilles que les variations mêmes du courant rendent difficiles et qui doivent être longtemps prolongées, et les chiffres relevés sont des moyennes de séries d'observations très nombreuses et faites concurremment. C'est encore du laboratoire et il faut par conséquent considérer les chiffres précédents comme des limites ; quand on prolongera les opérations, on ne pourra apporter les mêmes soins méticuleux, la même surveillance incessante, pratiquement en un mot, on n'atteindra certainement pas ces résultats.

Quoi qu'il en soit, ces chiffres de rendement, déjà nombreux, nous donnent une base d'appréciation pour l'examen des résultats qui vous seront présentés, la comparaison des systèmes de machines, des dispositions de lampes et de conducteurs.

Dans les expériences dont je viens de parler; les essais photométriques avaient toujours lieu en même temps que les constatations relatives au travail dépensé.

La lumière artificielle, quelle que soit son origine : gaz directement consommé dans un brûleur ou employé à échauffer une matière irradiante, arc voltaïque, bougies, lampes à incandescance, est toujours due à

l'échauffement jusqu'à la température d'émission de rayons lumineux, de particules ou d'une masse solide amenées à l'incandescence.

L'intensité lumineuse sera donc d'autant plus grande que la température, à laquelle les parties solides, devenues incandescentes, sera plus élevée et on sait avec quelle rapidité l'intensité croît avec la température.

Les particules solides sont apportées par le gaz lui-même dans les brûleurs ordinaires et se détruisent par la combustion; elles sont plus brillantes dans la flamme du bec Siemens parce que la combustion y est plus complète et a lieu, étant alimentée par l'air chaud, à une plus haute température. Dans les appareils Clamond, Porr, etc., la partie solide est extérieure, c'est de la magnésie ou du platine qui ne se consume pas, mais qu'on n'amène à l'incandescance qu'en brûlant le gaz avec un courant d'air forcé. Dans l'arc voltaïque, ce sont des charbons qui s'usent, dans les lampes à incandescence, du charbon qui brille dans le vide.

Si on détermine le pouvoir éclairant de tous ces appareils et qu'on le compare à la chaleur développée, ou mieux, au travail mécanique développé, on trouve des résultats très différents et qui fournissent le moyen d'apprécier la valeur de chaque foyer, au point de vue de ce qu'il en coûte d'énergie, de travail mécanique pour obtenir une intensité lumineuse déterminée, celle communément prise pour unité en France : l'intensité d'une lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile par heure.

Que se passe-t-il avec le gaz ?

Quand on brûle le gaz dans un brûleur ordinaire de manière à consommer 105 litres par heure, on obtient une carcel.

En admettant que les 105 litres de gaz sont complètement brûlés, il se serait dégagé, si le chiffre admis pour le pouvoir calorifique du gaz ordinaire, 6,000 calories, est exact, 700 kilogram. par mètre cube brulé, soit pour les 105 litres 73.5 kilogram. (un cheval) c'est-à-dire que le gaz dans ces conditions donnerait 1 *carcel par cheval.*

Mais lorsque, avec des dispositions convenables, on assure une combustion plus complète du gaz comme dans le bec Siemens où l'alimentation est faite par l'air chauffé à l'aide même des produits de la combustion, ou le bec Clamond par l'emploi de l'air sous pression, on obtient 3 *carcels par cheval.*

Dans toutes les expériences de la Commission Allart, Joubert, etc., comme dans celles dont j'ai parlé, on a déterminé ce rapport de l'intensité lumineuse en carcels au travail fourni en chevaux.

Les lampes à incandescence, Edison, Swan, Maxim, donnent en moyenne 12 carcels par cheval d'énergie à la lampe et, le rendement des machines étant de 60 pour 100, 7 à 8 carcels par cheval de travail développé à la machine.

La bougie Jablockoff, la lampe Siemens de 20 carcels, donnent 22 carcels par cheval de travail développé à la machine.

Quand on arrive aux foyers puissants, aux régulateurs à arcs, donnant

des intensités de 5 à 600 carcels, un cheval mesuré au moteur produit, 150 à 200 carcels.

Ces chiffres donnent la mesure des effets de la division, ils ne paraissent pas fournir les éléments de ce que j'appellerai un prix de revient philosophique, c'est le coût de la lumière en travail développé, en énergie. Mais c'est loin d'être le prix de revient en argent.

Cette question du prix de revient de la lumière électrique est encore bien controversée et, dans l'état actuel des choses, la comparaison du prix relatif de l'éclairage au gaz et par l'électricité serait oiseuse et sans grand intérêt.

C'est qu'un prix de revient ne se doit pas baser sur des projets d'installation et des résultats de laboratoire, mais sur la marche continue et régulière, prolongée, d'une véritable application pratique, d'une usine.

Or, le gaz seul est aujourd'hui en mesure de satisfaire aux exigences multiples d'un service public, il a son outillage complet et cinquante ans d'expérience.

L'électricité n'en est pas là et deux éléments, deux sources d'inconnu en matière de service public, me paraissent encore imparfaitement réalisés : c'est l'emmagasinage et la distribution.

Quant à l'emmagasinage, on avait fondé de grandes espérances sur la pile secondaire de G. Planté et on comptait que la forme industrielle qui lui serait bientôt donnée permettrait de constituer le réservoir d'électricité indispensable pour assurer la régularité d'un service public étendu et prolongé. Cependant jusqu'ici, les accumulateurs Faure et autres ont bien pu servir dans certains éclairages, comme celui du théâtre des Variétés, par exemple, à diminuer la force nominale du moteur à employer, à répartir la production du travail mécanique sur une période plus longue que celle de l'éclairage, mais n'ont constitué qu'un régulateur bien coûteux.

La seule donnée pratique que nous possédons est celle qui résulte des expériences de MM. Tresca, Joubert, etc. Vous en connaissez les conclusions : la pile chargée ne recueille que 66 pour 100 du travail qui lui est fourni, le reste étant employé en résistances passives et en travail d'excitation et ce travail ainsi emmagasiné n'est lui-même récupéré que jusqu'à concurrence de 60 pour 100. L'emploi de l'accumulateur a donc coûté 40 pour 100 du travail électrique fourni par la machine et qui aurait été librement disponible sans cet intermédiaire. Nous sommes loin du gazomètre qui exige si peu de travail mécanique pour la réception du gaz, travail consistant dans l'élévation de la cloche et qui, rendu pendant la descente fournit la pression nécessaire pour assurer l'écoulement du gaz, et vaincre les pertes de charge dues au frottement dans les conduites.

Quant au transport et à la distribution, au point de vue de l'éclairage, il me suffira de vous rappeler que M. W. Siemens, dans le dernier discours qu'il a prononcé à la Society of arts, a établi que l'éclairage d'un quartier de Londres (la paroisse de Saint-James prise pour exemple), ayant 30,000 habitants et 3,000 maisons, sur une surface d'un quart de mille

carré, en supposant 60,000 lampes à alimenter (7,000 chevaux) exigerait comme conducteur, une tige de cuivre ronde ayant 8 pouces de diamètre, c'est une conduite en cuivre, pleine, de vingt centimètres de diamètre.

Mais il faut bien dire que M. Siemens n'admet pas qu'un courant destiné à pénétrer dans l'intérieur des maisons, puisse, sans danger, avoir une force électro-motrice supérieure à deux cents volts.

Vous m'excuserez, Messieurs, si j'insiste un peu trop sur les avantages acquis de l'industrie du gaz, c'est que — et je rentre ici dans ma thèse de la première partie de ce discours,— cette industrie du gaz me paraît être le type complet, presque parfait de ce que doit être l'industrie privée chargée d'un service public.

Un cahier des charges, la concession du droit de canaliser une ville en échange de certains avantages de prix de l'éclairage donnés à la municipalité, et puis la liberté complète de réunir son capital et de le rémunérer, d'installer son usine sur l'échelle qu'il lui convient, la développant quand l'extension de la consommation du gaz l'exige... Telles sont ses conditions d'existence.

Aussi, Messieurs, quand cette industrie est menacée par des demandes de réduction de prix, par des concurrences, comme elle sait se défendre, comme elle sait céder à propos, comme elle sait surtout chercher dans l'amélioration de son matériel et de ses procédés les éléments d'une transformation devenue nécessaire... Ces expériences pratiques, mais aussi complètes et savantes que possible, dont je vous parlais tout à l'heure, c'est dans un laboratoire d'électricité installé par des compagnies de gaz que j'ai eu l'occasion de les suivre, d'un laboratoire que des savants ont visité avec intérêt, non sans un peu d'envie lorsqu'ils ont constaté qu'une industrie privée pouvait faire les choses plus largement que le budget du collège de France.

Un dernier mot, Messieurs, sur l'électricité.

La transmission de la force motrice par l'électricité avait été certainement l'application qui nous avait tous frappé le plus, lors de l'Exposition de 1881.

Elle paraît devoir s'imposer peu à peu dans diverses industries :

Les mines de Blanzy s'en servent pour actionner un de leurs ventilateurs, les mines de la Péronnière et du Moncel-Sorbier pour la manœuvre des bennes sur les plans inclinés, la ville de La Rochelle pour l'élévation des eaux, etc....

Cependant, on n'a pas produit de chiffres nouveaux sur le rendement et le coût de ces transmissions.

Vous connaissez les résultats obtenus à l'Exposition de Vienne par M. Fontaine, en 1881, par les applications de MM. Félix et Chrétien, par celles de MM. Siemens aux tramways; vous vous rappelez les débats un peu passionnés soulevés, non sans de nombreux malentendus, à l'occasion

de l'influence de la distance sur le rendement : vous avez enfin eu connaissances des expériences spéciales, faites à Munich, par M. Marcel Deprez.

Il résulte de tous ces faits que le rendement pratique sera rarement supérieur à 30 pour 100, que l'influence de la distance ne saurait être niée, soit sur le rendement avec des machines données, soit sur les conditions d'établissement des machines et des conducteurs, soit enfin sur la quantité absolue de travail transmis.

Quoi qu'il en soit, il est certain que, dans beaucoup de cas particuliers, ce mode de transmission de la force motrice permettra d'exécuter des travaux qu'il était impossible de réaliser avec les moyens anciennement en usage.

Cependant, je crois qu'il y aurait pour la Société, un immense intérêt à faire une comparaison générale de tous les moyens connus de transporter à distance la force motrice. Le câble télodynamique, l'eau, le gaz, l'air comprimé, la pression atmosphérique, ont chacun leur zone, leur sphère d'application; après un travail comparatif d'ensemble sur les résultats de tous ces systèmes, travail qui devrait, à mon avis, devoir tenter tous ceux de nos jeunes membres désireux de satisfaire aux exigences de notre article 7, on aurait des éléments sérieux d'appréciation, et on serait guidé dans la détermination des circonstances où le fil et l'électricité pourront nous apporter des solutions nouvelles.

Les machines dynamo-électriques sont en ce moment les principaux générateurs industriels d'électricité, mais les piles primaires sont loin d'être abandonnées, et je sais que beaucoup d'esprits sérieux se sont voués à leur perfectionnement. M. Fontaine m'a promis de nous entretenir bientôt des progrès réalisés à cet égard, et qui lui permettent de croire que ce pourrait bien être dans cette voie qu'on arrivera un jour à la production de l'électricité à bon marché.

Dans cet ordre d'idées, si mes Collègues le veulent bien, nous pourrons faire une ample moisson de communications intéressantes pour notre année 1883.

Je terminerai, Messieurs, cette trop longue allocution en vous disant quelques mots sur le régime intérieur et l'administration de notre Société.

Je puis être sobre de promesses à cet égard, votre nouveau Bureau et votre Comité, je puis m'y engager en leur nom, tiendront à honneur de poursuivre, dans la voie frayée par leurs devanciers, l'amélioration continue de nos publications, l'accroissement de notre bibliothèque, l'augmentation de nos revenus, le recrutement de nouveaux membres et l'étude de tous les moyens d'étendre l'action de la Société, de la faire rayonner.

Mon honorable prédécesseur vous a dit que la question de l'acquisition ou de la construction d'un nouvel hôtel avait été mise sérieusement à

l'étude; nous ferons tous nos efforts pour arriver à une solution bien désirable à tant de points de vue.

La place nous manque certainement ici, elle nous manque dans notre salle de séances, elle nous manque surtout autour de la salle en l'absence d'aménagements commodes et il y a là certainement une cause d'isolement, un obstacle à la création de rapports plus intimes entre nous, auxquels il est temps de porter remède.

En attendant que nous ayons pu résoudre les difficultés financières et autres qui s'opposent à la réalisation de nos projets, laissez-moi en finissant vous faire une proposition.

Pourquoi, puisque nous sommes si serrés ici, ne nous réunirions-nous pas, une fois dans l'année, dans une autre enceinte, en une séance non technique, en un lieu où nous nous verrions de plus près, moins officiellement, et pourquoi ne ferions-nous pas, comme toutes les autres Sociétés, choix d'un jour qui nous rappellerait la fondation de notre Société : Pourquoi, en un mot, n'avons-nous pas depuis longtemps, le 4 mars de chaque année, un banquet commémoratif du 4 mars 1848, date de la fondation de la Société? (*Vifs applaudissements.*)

Le procès-verbal de la séance du 1er décembre 1882 est adopté.

Après un échange d'observations entre MM. Hauet, Trélat, Love et Armengaud, l'Assemblée décide que suivant tous les précédents, le procès-verbal définitif de la séance du 15 décembre, ne contiendra que les résultats du vote, et que les observations présentées à l'occasion de l'élection des membres du Comité seront par conséquent supprimées. Sous cette réserve, le procès-verbal de la séance du 15 décembre est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. Arnault de La Ménardière, Courtois (Émile), Dufournel, Lopez Bustamante et Thomas (Pierre).

M. le Président annonce que M. Poncelet vient d'être promu Officier de la Légion d'honneur et M. Augustin Normand, chevalier du même Ordre; M. Montagnier a été nommé chevalier de l'Ordre de la Conception du Portugal ; M. Des Tournelles a reçu les palmes d'Officier d'Académie.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 19 Janvier 1883.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président fait remarquer que huit jours seulement s'étant écoulés depuis la dernière séance, il n'a pas été possible de mettre à jour le procès-verbal.

M. le Président annonce que la Société a reçu de M. Boudenoot l'analyse de l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen sur les chemins de fer en Amérique; cette analyse, très consciencieuse et très complète, ne paraît pas pouvoir être lue en séance, et il propose de la publier dans le Bulletin, où elle pourra être consultée avec fruit.

La Société a reçu également de M. Guettier un exemplaire de son ouvrage sur la *Fonderie en France*.

M. le Président rappelle qu'il y a dix ou quinze ans, il a paru un ouvrage de M. Guettier sur la même question; l'auteur en a fait une nouvelle édition considérablement augmentée; il y a là le fruit d'une longue vie de pratique pleine de renseignements sur une industrie dont nous connaissons le résultat, mais dont les détails nous sont peu familiers. M. le Président, en remerciant M. Guettier de son envoi, pense qu'il serait intéressant d'avoir l'analyse de son ouvrage, et demande que quelque membre de la Société veuille bien se charger de faire ce compte rendu.

M. le Président fait donner lecture d'une lettre de M. Paul Charpentier, relative à la communication faite par M. Love dans la séance du 1er décembre 1882.

Monsieur le Président,

La dernière communication faite à la Société dans la séance du 1er décembre dernier par M. Love, tire à la fois son importance et de la hauteur du sujet traité et de l'éminent talent de notre collègue.

Comme l'a fort bien dit M. le président Trélat, il peut être difficile et téméraire d'entrer en discussion sur ce terrain au pied levé et sans connaître en entier le mémoire de M. Love; toutefois il est plusieurs points de

cette communication que je désire contredire en attirant sur eux dès aujourd'hui l'attention de la Société.

Autant que la brièveté du compte rendu a pu me permettre de juger, M. Love prétend ne pas faire de théorie, ne point admettre d'hypothèse. Et d'abord, qu'il me laisse lui dire que, de gaieté de cœur, il rejette loin de lui un admirable outil créé par le génie humain pour faciliter ses propres investigations et dont il est prudent seulement de ne pas abuser.

L'hypothèse *vraie* n'est-elle pas l'éclair de génie qui, à maintes reprises, a guidé nos plus grands esprits scientifiques et les a conduits à la découverte de principes ou de lois naturelles confirmées ensuite par l'expérience matérielle? Comment avoir la prétention de bannir quand même l'hypothèse d'une étude presque entièrement spéculative comme celle de la constitution moléculaire des corps? Pourrons-nous jamais isoler, toucher, voir la molécule? Aucun esprit sérieux, je crois, ne se hasarderait à affirmer cette possibilité! Et cependant, ne sommes-nous pas obligés d'admettre par *hypothèse* l'existence de cette molécule, M. Love tout le premier, avant toute étude sur sa fonction, sa constitution, sa position dans les corps de la nature?

Je vais en quelques lignes essayer d'indiquer quelles peuvent être, selon moi, les grandes bases, hypothétiques si l'on veut, sur lesquelles on devrait s'appuyer dans une étude de ce genre. Mais, ces hypothèses primordiales, conduisant à des conséquences pratiques, confirmées par les résultats de l'expérience, on pourra alors en tirer cette conclusion que ces hypothèses ont bien des chances d'être vraies.

M. Love n'admet pas un *monde composé uniquement de matière et de mouvement*; il ajoute qu'il n'y a pas de *chaleur produite par le choc des molécules*, mais, qu'il *faut reconnaître dans la chaleur une substance, un être indépendant de la molécule*, et il ne lui trouve qu'une place l'*intérieur des molécules* qu'il SUPPOSE *creuses*. M. Love *paraît* nier ainsi *a principio* toute la thermodynamique. Cette science, cependant, ne repose pas sur des hypothèses. Elle se base avant tout sur des expériences réelles et renouvelables à volonté, dont le calcul algébrique a su grouper toutes les conséquences.

L'hypothèse de molécules séparées par des espaces considérables empêche M. Love de *comprendre comment un corps solide peut se constituer*.

Il est pourtant simple, et, à mon avis, bien satisfaisant pour l'esprit d'admettre l'existence de deux ordres de molécules matérielles; les unes susceptibles de cristalliser, d'avoir une forme géométrique et que l'on peut nommer *molécules morphes*, les autres constituant ce que l'on est convenu d'appeler l'*éther*, mais que je préfère dénommer *matière cosmique* ou *amorphe* comme formant la très majeure partie de l'univers; ces dernières molécules n'ayant pas de forme cristalline et pouvant être envisagées si l'on veut sous l'aspect sphérique. Tyndall les nomme dernières particules de la matière.

Il est encore simple d'admettre que les premières sont le siège de l'attraction, qu'elles sont par suite *pondérables* que les secondes, ne possédant pas cette propriété, sont en conséquence *impondérables*, mais que, vu leur extrême mobilité, elles constituent l'organe transmetteur de cette force attractive. De plus ces diverses molécules occupent dans l'espace un volume élémentaire immuable, le même pour chacune d'elles.

Et alors, l'existence de ces deux ordres de molécules étant admise, tous les phénomènes physiques et chimiques principaux s'expliquent au point de vue philosophique de la façon la plus nette.

Tous ces phénomènes sont les résultantes des évolutions de ces molécules *pondérables* obéissant aux actions exercées sur elles par l'attraction, actions qui sont *transmises par le véhicule des molécules impondérables*.

Ces effets se manifestent à nos sens (organes des plus imparfaits même lorsqu'ils sont doublés des plus puissants instruments) sous les formes diverses nommées : *chaleur*, *électricité*, *lumière*, *son ;* toutes ces manifestations n'étant en somme que le produit des mouvements vibratoires de la matière cosmique.

Ici, nous différons entièrement M. Love et moi. M. Love dit : *La chaleur est la cause de la pesanteur et par conséquent de l'attraction.*

Le système que je développe au contraire, conduit à admettre que *la cause est la force attractive*, et que l'*effet produit est le mouvement* se manifestant à nos sens sous l'une des formes précédentes.

M. Love déplore que des savants tels que Littré et Robin n'aient pu arriver à donner une définition claire et compréhensible du calorique spécifique.

Avec l'hypothèse de laquelle je pars, on arrive tout naturellement à dire : *La caloricité réelle moléculaire est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'une unité thermométrique la température de l'unité de volume de matière cosmique.*

Le calorique spécifique ou chaleur spécifique apparente d'un corps donné, sera donc *fonction de la caloricité réelle moléculaire*, qui est nécessairement une constante, et de la *quantité de matière cosmique* contenue dans le corps étudié.

Nous disons ici, quantité de chaleur, unités thermométriques, afin de nous rapprocher de l'ordre d'idées habituel des physiciens, mais, à proprement parler, nous devrions employer pour la mesure de cette quantité de chaleur le terme quantité de mouvement, puisque la chaleur n'est qu'une manifestation particulière du mouvement.

En sorte, que finalement, nous écrirons :

La caloricité absolue d'un corps à une température et à une tension données est égale au produit de la caloricité réelle par le volume de matière cosmique contenu dans l'unité de volume de ce corps à cette température et à cette tension.

Cette définition de la caloricité se trouve liée à la définition nouvelle de la densité. Pour nous :

La densité d'un premier corps relativement à un second corps dont la densité est prise pour unité sera donnée par le rapport existant entre le nombre de molécules amorphes contenu dans l'unité de volume du second et le nombre de molécules amorphes renfermées dans l'unité de volume du premier, tous deux étant pris à la même température et à la même tension.

Enfin également, la densité de l'eau étant prise pour unité :

La densité d'un corps est donnée par le rapport existant entre les volumes de matière morphe et de matière amorphe qu'il renferme.

De ces considérations nous pourrions tirer plusieurs conséquences, dont la principale est celle-ci :

Le produit du volume de matière amorphe par le volume de matière morphe renfermée dans l'unité de volume d'un corps quelconque, est une constante.

Et alors, ces deux quantités, caloricité et densité, se trouvent liées entre elles et satisfont aux lois connues de la physique et de la chimie.

Nous arrivons ainsi à dire, que la densité d'un corps est d'autant plus grande qu'il renferme sous un volume donné une moins grande quantité de matière amorphe, et par suite que, plus on diminue la densité d'un corps, en le chauffant, plus on augmente sa caloricité absolue et conséquemment sa chaleur spécifique apparente, ce qui est absolument conforme aux faits de l'expérience ainsi que M. Love le reconnaît d'ailleurs pleinement.

Cet accroissement de la caloricité avec la diminution de la densité s'explique facilement, puisque en chauffant un corps on tend à produire un écartement de ses molécules *morphes*, et que, *le vide qu'il me paraît impossible d'admettre dans la nature* ne pouvant subsister entre elles, il se précipite entre ces *molécules pondérables* une nouvelle quantité de *molécules impondérables*, ce qui fait que le litre de platine à la température de 1000° centigrades contenant plus de molécules impondérables que le litre de platine à 0° centigrade pèse moins que ce dernier.

Inversement, dans ce cas, la caloricité absolue de ce litre de platine a dû diminuer avec la température comme le démontre l'expérience.

En poursuivant cet ordre d'idées on arrive tout naturellement à conclure aussi que *le produit de la densité d'un corps par sa caloricité absolue est une quantité constante.*

Enfin, les mêmes considérations conduisent également aux lois expérimentales connues qui lient les densités aux équivalents chimiques, et les équivalents aux chaleurs spécifiques apparentes, et ces belles lois, se trouvant être une conséquence directe des hypothèses primordiales que j'ai émises, m'amènent naturellement à croire que ces hypothèses sont l'expression de la vérité.

M. Love admet que *les molécules se touchent en se polyédrisant par leur*

plasticité. Ceci est une *hypothèse*. Mais on a peine à se figurer une molécule plastique pouvant se déformer. L'hypothèse suivante me paraît bien mieux satisfaire l'esprit. Il me semble plus rationnel de dire que la molécule *pondérable* est une, immuable en volume et en dimensions, qu'elle est *cristallisée* dans l'un des six systèmes reconnus par la géométrie, et que c'est l'agglomération seule suivant différentes orientations de ces molécules diversement cristallisées qui constitue l'immense variété des corps de la nature.

En réalité et en dernière analyse, il n'y aurait qu'une matière se présentant sous deux états doués de propriétés différentes, *morphe* et *amorphe*. Les molécules pondérables, par leurs cristallisations diverses constituent en apparence, pour nos sens imparfaits, des corps différents au point de vue chimique, tandis que les proportions diverses de matière cosmique contenue par chacun d'eux sont la cause de leurs propriétés physiques. Mais il ne me paraît pas humainement impossible d'arriver à réduire le nombre connu des corps dits simples, à une série très restreinte d'éléments.

Il est bon, je pense, que notre Société, abandonnant de temps en temps le terrain des affaires techniques, s'occupe quelquefois de ces hautes questions spéculatives. Il est bon, de temps à autre, de revenir à la théorie, comme le disait l'an dernier M. Trélat, et à ce titre, je vous serai reconnaissant, M. le Président, de vouloir bien donner lecture de ma lettre à nos collègues.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués,

P. Charpentier.

M. Simon, membre de la Société, demande qu'il soit donné lecture de la lettre suivante de l'inspecteur divisionnaire du travail des enfants dans les manufactures, indiquant un moyen simple d'éviter les accidents.

« Nancy, le 20 novembre 1882.

« Monsieur,

« J'espère que par la publicité que vous voudrez bien donner à ces notes, nous parviendrons à diminuer le nombre considérable des accidents qui se produisent par le nettoyage des métiers à filer dits *Self-Acting*, travail qui, malgré tous les dangers qu'il présente, est confié aux plus jeunes enfants.

« Depuis l'année 1875, le relevé des accidents dus à l'emploi des enfants au nettoyage sous les métiers à filer, dans la quatrième circonscription d'inspection (Vosges, Meurthe-et-Moselle, Haute-Marne, Haute-Saône, Doubs, Belfort), a donné sept cas de mort, sans compter les accidents moins graves de contusions et écrasements partiels du corps, dont six pour le département des Vosges.

Soit qu'on laisse prendre aux enfants l'habitude de passer sous la partie

mobile pendant la marche, soit que l'ouvrier fileur qui les emploie néglige de s'assurer s'ils sont sortis de dessous le métier avant de remettre le métier en marche, les enfants sont pris pendant le recul très rapide du chariot mobile, entre la table de ce chariot et les montants en fer qui supportent la partie fixe du métier. Il en résulte la plupart du temps, si l'enfant manque sa sortie, l'écrasement de la tête et du corps.

« Deux de ces enfants ont été écrasés et servaient d'aides à leurs parents. On ne peut donc pas admettre que le fileur, auteur involontaire de l'accident y ait mis la moindre négligence; l'accident est donc dû à la difficulté réelle de surveillance qui résulte du travail lui-même.

« S'il en est ainsi, on ne peut pas espérer que les résultats seront moins graves lorsque les fileurs emploient des enfants qui ne sont pas les leurs.

« Il est donc reconnu impossible d'obtenir par des règlements affichés ou par des recommandations verbales que les fileurs qui emploient des enfants prêtent une attention suffisante et nécessaire à la sortie des enfants de dessous les métiers, avant la remise en marche du métier. — Les enfants, d'autre part, sont complètement à la discrétion des fileurs, et le seul moyen indiqué par l'expérience pour éviter les accidents dus à l'inattention ou au manque de surveillance de l'ouvrier fileur, est d'enlever au fileur la responsabilité de remettre le métier en marche sans la volonté de l'enfant. Il suffit pour cela que la barre de mise en marche, au moment où elle ferait arrêter le métier, soit retenue fixe, par un moyen quelconque placé derrière le métier, à la disposition de l'enfant et hors de la portée de l'ouvrier fileur.

« Il y a un an, j'ai indiqué comment une simple cheville, posée par l'enfant dès qu'on lui donne l'ordre de nettoyer, remplissait ces conditions.

« La légende et le dessin étaient à l'exposition industrielle d'Épinal.

« L'application extrêmement facile et ne coûtant presque rien, facile pour un simple ouvrier mécanicien, et donnant déjà un progrès sur les habitudes ordinaires, puisque si la cheville est mise aucun accident n'est possible, a reçu des objections. L'enfant ne mettra pas la cheville.

« L'objection est insuffisante, car on doit toujours améliorer, quand cela coûte si peu, un état de choses reconnu mauvais; et le moyen suffit dans tous les cas pour enlever une partie de la responsabilité de l'ouvrier qui emploie l'enfant.

« L'objection est levée par un enclenchement automatique instantané, se faisant sur la barre de mise en marche du métier dès que le fileur pousse la barre à l'arrêt. Cet enclenchement se fait à l'arrière du métier, et un petit contrepoids que fait mouvoir l'enfant en sortant de dessous le métier permet la remise en marche.

« L'application en a été faite par l'inventeur, M. Beaudoin, ingénieur-directeur de la filature de M. Charles Mieg, à Mulhouse, à tous les métiers qu'il dirige, au métier à filer Platt ordinaire et au métier à filer Platt à double vitesse. — Il le met à la disposition de tous les constructeurs, sans

nature.

En réalité et en dernière analys… sous deux états doués de prop… molécules pondérables, par l… apparence, pour nos sens in… chimique, tandis que les pr… nue par chacun d'eux sont… ne me paraît pas humain… connu des corps dits sim…

Il est bon, je pense, … terrain des affaires tec… spéculatives. Il est b… disait l'an dernier… M. le Président,… collègues.

Veuillez agré… les plus disting…

M. Simon… lettre suiv… manufac…

L'LASSIARE.

sur le fonctionnement des … condensation par surfaces, par

…érieur d'une pompe alimentaire est …du plongeur produit un vide qui n'est … eau, et son mouvement de descente pro… …ue à celle de la chaudière quelque élevée

…-dire le volume total intérieur de la pompe, …u bas de sa course, n'a alors aucune influence sur

…au contraire, est un mélange d'air et d'eau, le fonction… …mpe cesse dans des conditions déterminées par le rapport …air au volume engendré par le plongeur, la pression de …le vide nécessaire pour soulever le clapet d'aspiration.

…qui se produit alors :

…de l'élasticité de l'air, lorsque le plongeur monte, l'air se détend …ion intérieure ne peut pas descendre au point nécessaire pour …pet d'aspiration se soulève; quand le plongeur descend, l'air se …et la pression intérieure ne peut pas s'élever suffisamment pour …clapet de refoulement fonctionne.

…que la pression de la chaudière n'est pas très élevée, et que l'allure …machine est lente, on peut éviter cet inconvénient en réduisant beau… …le volume mort de la pompe.

…y remédie également dans une certaine mesure par l'emploi bien …nu d'un petit robinet placé à la partie supérieure du volume mort de la …mpe. Avec un peu d'habitude, le mécanicien peut alors, par l'applica…ion du doigt sur l'orifice du robinet ouvert, laisser échapper l'air de l'intérieur de la pompe pendant la période de compression et l'empêcher de rentrer pendant la période d'aspiration.

L'emploi de ce robinet ne constitue toutefois qu'un palliatif, incompatible avec un fonctionnement régulier.

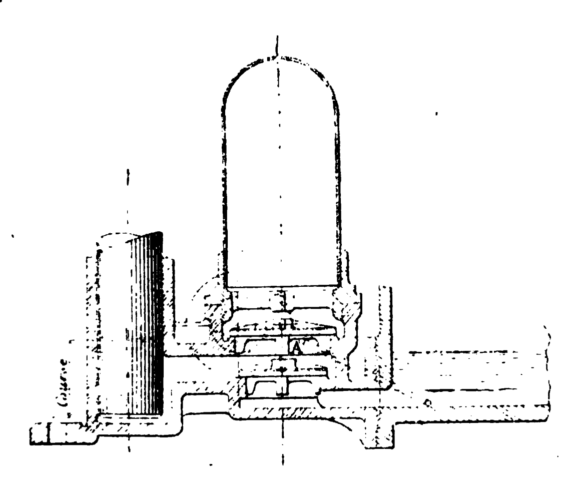
…ans les machines à conden…
…pompe est la règle, …
…oportionnées et
…, par exer…
…au fou…
…u…

…mort…,
…s des mach…
…uées directement.
…asion fréquente d'éprouver …
…ample qui permet à la pompe de s'a…
…ué d'excellents résultats.

…tion ne se pose toutefois pas dans
… M. Fousset se trouvait en pré-
… de chemin de fer à voie nor-
…i demander son avis sur la
…seau de chemin de fer. —
…de l'adoption de la voie
…litions analogues, c'est-
…ale couvrant ou avoi-
…néralement coûté
…. Fousset nous
166 kilomètres
…0,000 francs
…ilomètres
quand
…iffres

…partie supérieure du volume mort, à l'endroit où … …s la pompe doit se rassembler, je place l'extrémité d'un p… 3 ou 4 millimètres de diamètre intérieur : l'autre extrémité d… débouche dans l'eau destinée à être aspirée. Quand le plongeur … l'air s'échappe par le tube ; quand il remonte, le tube qui plonge … l'eau ne laisse rentrer que de l'eau. En un ou deux coups de pompe, … est expulsé et l'alimentation reprend.

La figure ci-dessous indique clairement la disposition du tube dans le cas où la pompe est fixée directement sur la bâche.



Pour que l'amorçage puisse se faire automatiquement, il faut que le volume compris entre la partie inférieure de l'orifice supérieur A du petit tube et le clapet de refoulement augmenté du volume du tube soit, au minimum, par rapport au volume engendré par le plongeur, comme l'unité est à la pression effective de la chaudière. En pratique, il vaut mieux réduire beaucoup la valeur de ce rapport.

aucune restriction, et sans brevet, pour qu'on n'hésite pas à en faire l'emploi.

« C'est la Société de Mulhouse, formée pour prévenir les accidents de machines, qui en a donné communication, avec le désir qu'on s'adresse à elle pour tous les renseignements de ce genre concernant les machines et la sécurité des ouvriers.

« Le système, comme principe, s'applique à tous les métiers à fils. Il faut donc espérer que tous les filateurs se feront un devoir d'en faire l'essai.

« Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

« *L'Inspecteur divisionnaire,*

« L. PLASSIARE. »

Il est ensuite donné connaissance d'une *Note sur le fonctionnement des pompes alimentaires des machines à vapeur à condensation par surfaces*, par M. Augustin Normand.

Lorsque le fluide qui existe dans l'intérieur d'une pompe alimentaire est absolument privé d'air, l'ascension du plongeur produit un vide qui n'est limité que par la température de l'eau, et son mouvement de descente produit une pression au moins égale à celle de la chaudière quelque élevée que soit cette pression.

Le volume mort, c'est-à-dire le volume total intérieur de la pompe, lorsque le plongeur est au bas de sa course, n'a alors aucune influence sur le fonctionnement.

Quand le fluide, au contraire, est un mélange d'air et d'eau, le fonctionnement de la pompe cesse dans des conditions déterminées par le rapport du volume d'air au volume engendré par le plongeur, la pression de refoulement et le vide nécessaire pour soulever le clapet d'aspiration.

Voici ce qui se produit alors :

Par suite de l'élasticité de l'air, lorsque le plongeur monte, l'air se détend et la pression intérieure ne peut pas descendre au point nécessaire pour que le clapet d'aspiration se soulève; quand le plongeur descend, l'air se comprime et la pression intérieure ne peut pas s'élever suffisamment pour que le clapet de refoulement fonctionne.

Lorsque la pression de la chaudière n'est pas très élevée, et que l'allure de la machine est lente, on peut éviter cet inconvénient en réduisant beaucoup le volume mort de la pompe.

On y remédie également dans une certaine mesure par l'emploi bien connu d'un petit robinet placé à la partie supérieure du volume mort de la pompe. Avec un peu d'habitude, le mécanicien peut alors, par l'application du doigt sur l'orifice du robinet ouvert, laisser échapper l'air de l'intérieur de la pompe pendant la période de compression et l'empêcher de rentrer pendant la période d'aspiration.

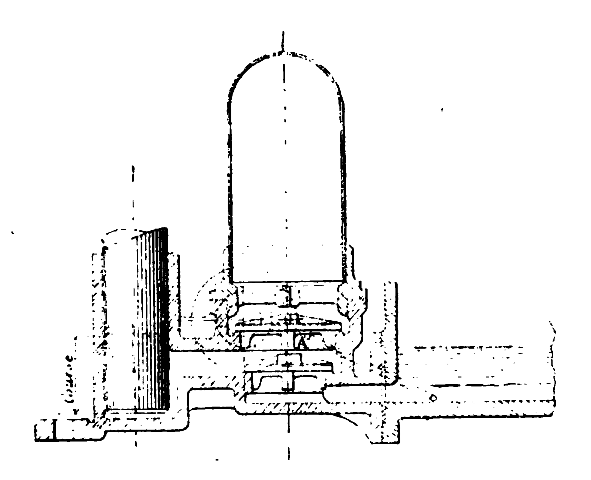
L'emploi de ce robinet ne constitue toutefois qu'un palliatif, incompatible avec un fonctionnement régulier.

Dans les machines à condensation par surfaces, l'introduction de l'air dans la pompe est la règle, parce qu'il est prudent d'avoir des pompes largement proportionnées et que la quantité d'eau est limitée. Dans les machines marines, par exemple, le rapport du volume engendré par la pompe à celui de l'eau fournie par le condenseur est 1 1/2 ou 2 à toute puissance. A très faible puissance, ce rapport peut s'élever à 6 ou 8. Aussi, quand la pression de la chaudière est élevée et l'allure rapide, ce qui nécessite des clapets très grands par rapport au volume engendré et, par suite, de grands volumes morts, les pompes se désamorcent souvent. C'est particulièrement le cas des machines de torpilleurs, surtout lorsque les pompes sont actionnées directement.

Ayant eu l'occasion fréquente d'éprouver ces difficultés, j'ai imaginé un procédé très simple qui permet à la pompe de s'amorcer automatiquement; il m'a donné d'excellents résultats.

A la partie supérieure du volume mort, à l'endroit où l'air introduit dans la pompe doit se rassembler, je place l'extrémité d'un petit tube de 3 ou 4 millimètres de diamètre intérieur: l'autre extrémité de ce tube débouche dans l'eau destinée à être aspirée. Quand le plongeur descend, l'air s'échappe par le tube; quand il remonte, le tube qui plonge dans l'eau ne laisse rentrer que de l'eau. En un ou deux coups de pompe, l'air est expulsé et l'alimentation reprend.

La figure ci-dessous indique clairement la disposition du tube dans le cas où la pompe est fixée directement sur la bâche.



Pour que l'amorçage puisse se faire automatiquement, il faut que le volume compris entre la partie inférieure de l'orifice supérieur A du petit tube et le clapet de refoulement augmenté du volume du tube soit, au minimum, par rapport au volume engendré par le plongeur, comme l'unité est à la pression effective de la chaudière. En pratique, il vaut mieux réduire beaucoup la valeur de ce rapport.

Il faut encore que le volume d'eau qui peut s'échapper par le tube pendant la période de compression après amorçage, soit une fraction faible du volume engendré par le plongeur : sinon, le débit de la pompe serait diminué.

Quand la pompe est éloignée de la bâche, le tuyau d'aspiration doit être incliné de telle sorte que l'air expulsé puisse retourner à la bâche. Enfin, il faut éviter que l'air puisse se loger dans l'intérieur de la pompe ailleurs que dans la partie où est appliquée l'extrémité supérieure du tube.

Il est peu d'organes d'une importance plus grande que les pompes alimentaires dans une machine à vapeur, et tout ce qui peut servir à en améliorer le fonctionnement mérite une attention sérieuse. A ce point de vue, l'exposition du procédé si simple que je viens de décrire ne m'a pas paru indigne d'être soumise à la Société.

J'ajouterai que l'emploi de ce procédé ne me paraît pas limité aux pompes alimentaires. Il peut servir également à l'amorçage des pompes de toute espèce, pourvu que le jeu de ces appareils entraîne des variations alternatives de pression; c'est le cas de toutes les pompes à piston.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le mémoire de M. Fousset sur l'Algérie et les chemins de fer à voie étroite.

M. le Président donne la parole à M. Pontzen.

M. Pontzen présente les observations suivantes à propos du mémoire de M. Fousset sur l'Algérie et les chemins de fer à voie étroite.

Dans la séance du 3 novembre dernier, j'ai demandé à notre honorable Président de vouloir bien me donner la parole lorsque la discussion sur la communication faite par M. Morandiere serait ouverte. — Le mémoire de M. Fousset, dont M. Morandiere nous a donné une analyse, tout en traitant en particulier des chemins de fer de l'Algérie, présente en effet un intérêt plus général par les appréciations de cet ingénieur distingué sur le rôle des chemins de fer à voie étroite et sur les avantages qu'il trouve à adopter la voie de $1^{m},10$.

S'il s'agissait de doter une île ou un pays nouveau, dépourvu encore de tout chemin de fer et ne touchant même pas à un pays déjà doté de lignes ferrées, d'un réseau de chemin de fer, la question du choix de la largeur de la voie serait affranchie de toute entrave. On n'aurait qu'à se guider sur la configuration du sol, sur la nature et l'importance probable des transports et sur les ressources financières.

Quelle que soit la largeur qu'on adopterait, on ne pourrait dire qu'elle a été mal choisie, que lorsque peu de temps après son adoption, la nécessité d'un second réseau construit avec une voie différente était reconnue nécessaire. — Ce serait toutefois, aller trop loin, que de vouloir condamner le choix fait, si, pour pénétrer vers certains points, comme par exemple vers des mines ouvertes au fond de vallées étroites et tortueuses, on devait construire des embranchements avec des largeurs de voie moindres.

Dans la majeure partie des cas, la question ne se pose toutefois pas dans ces conditions. — En Algérie, par exemple, M. Fousset se trouvait en présence d'un réseau d'environ 1140 kilomètres de chemin de fer à voie normale lorsque le ministère de la guerre vint lui demander son avis sur la largeur de voie à adopter pour l'extension du réseau de chemin de fer. — Presque partout où l'examen de l'opportunité de l'adoption de la voie étroite nous est demandé on se trouve dans des conditions analogues, c'est-à-dire en présence d'un réseau de lignes à voie normale couvrant ou avoisinant le pays qui doit être doté de lignes économiques.

Les chemins de fer construits à voie normale ont généralement coûté très cher; nous savons que c'est le cas en France. M. Fousset nous rappelle qu'en Algérie les frais de premier établissement de 166 kilomètres de chemins de fer à voie normale étaient fixés à 200,000 et à 400,000 francs soit en moyenne à 267,000 francs par kilomètre.

M. Fousset admet toutefois qu'il y aura dans le réseau de 6000 kilomètres devant pour le moins être construits en Algérie, des lignes, qui, quand même on les construirait à voie normale, n'atteindraient pas ces chiffres exorbitants et n'arrive qu'à 196,250 francs par kilomètre, c'est-à-dire à près de 200,000 francs en moyenne par kilomètre.

Sans doute, M. Fousset, pour arriver à cette moyenne, et en admettant qu'il y aura des lignes à voie normale qui ne coûteront que 100,000 francs par kilomètre, n'est pas tombé entièrement dans l'erreur, si souvent commise, de prendre pour le mode d'exécution des chemins de fer à voie normale nos grandes lignes pour type, tandis que pour les chemins de fer à voie étroite, avec la réduction de la voie (comme si c'était une fonction de l'écartement des rails) on abaisse aussi toutes les exigences au sujet des travaux d'art, du matériel et de l'agencement en général; — mais il est certain qu'en admettant qu'on pourrait réaliser en moyenne une économie de 33 0/0 si l'on substituait la voie de $1^{m},10$ à celle de $1^{m},45$, il n'a pas aussi franchement recherché les économies dues à des simplifications et réductions dans le cas de la voie normale que dans celui de la voie étroite.

Il est pourtant facile de prouver que dans des pays peu accidentés et où le tracé, comprenant des courbes compatibles avec la voie normale, s'adapte bien au terrain, la seule différence de la largeur de la plate-forme ne donne pas lieu à un écart de plus de 5,000 francs environ par kilomètre, lorsque l'on compare la voie normale avec celle d'environ 1 mètre.

L'économie pouvant être réalisée par l'adoption de la voie étroite tout en appliquant les mêmes règles d'exécution à des chemins de fer de voie différente, est plus considérable en pays accidentés, où la possibilité d'exécuter avec la voie réduite, des lignes à courbes plus raides et d'épouser ainsi la configuration du terrain, dispense de faire de grands travaux.

Dans un pays accidenté, l'adoption de la voie étroite se trouve donc tout indiquée et il n'y aurait pas à hésiter — s'il n'y avait la considération du réseau existant à voie normale! — Cette considération, sur l'importance

de laquelle je reviendrai tout à l'heure, doit nous conduire à examiner s'il n'est pas possible de baisser, sans augmenter les résistances et par cela le frais de l'exploitation, les limites inférieures des rayons de courbure.

C'est dans la construction du matériel roulant que je vois le moyen de diminuer les rayons de courbure du tracé. — Si, au lieu d'avoir le matériel rigide usité sur nos chemins de fer et dans lequel l'écartement des essieux est d'environ 3^{m},50, on introduisait le matériel américain, c'est-à-dire si l'on faisait reposer les caisses des wagons et voitures sur 2 trucks mobiles autour de chevilles ouvrières et dont les essieux ne sont écartés que de 1^{m},50 à 1^{m},80, les courbes pourraient être sensiblement plus raides sans qu'il y ait augmentation de résistance à la traction de ce chef. L'avantage de ce système de wagons, je ne le fais pas ressortir seulement pour montrer que, dans bien des cas, il permettra l'exécution de certaines lignes à voie normale, où sans cela il faudrait, pour ne pas faire trop de dépenses, adopter la voie étroite. — Je le signale aussi pour les chemins de fer à voie étroite, dont la flexibilité, et avec elle l'abaissement du prix d'établissement, pourra être poussée plus loin.

Vous voyez, Messieurs, je reconnais les avantages de la voie étroite, je reconnais qu'il y a des cas, dans lesquels il faudra abandonner la voie normale et compléter à voie étroite certains réseaux exécutés à voie normale ; mais je ne cache pas que je suis toujours tenté de chercher s'il n'y a pas moyen d'arriver au même but : économie sur les frais d'établissement et d'exploitation, sans imposer l'obligation de rompre charge.

Ainsi, je répondrai à ceux qui me diraient que sur la voie étroite on peut sensiblement réduire le poids des rails, tandis que ce n'est pas possible pour la voie normale dont les locomotives très lourdes exigent des rails lourds ; que je ne vois pas d'obstacle à ce que l'on exclue de la circulation sur les chemins de fer à voie normale qui seraient exécutés au lieu et place des chemins de fer à voie étroite, les locomotives lourdes. On aurait des locomotives spéciales, légères, pour ces « lignes économiques à voie normale. » L'avantage de pouvoir y faire arriver les wagons est grand, et présente, surtout pour les lignes de peu de longueur qui s'embranchent sur un réseau à voie normale, l'avantage d'éviter les transbordements, et celui de donner la possibilité d'assurer, sans exagérer le matériel spécialement affecté à tel embranchement, une grande élasticité à la puissance de transport, car le matériel du grand réseau peut lui venir en aide.

Les inconvénients et surtout le coût du transbordement des marchandises, ont souvent été exagérés par ceux qui sont les adversaires absolus de la voie étroite. Ils sont minimes pour certains articles surtout lorsque les dispositions dans les gares de jonctions sont bien étudiées. Mais par contre les transbordements sont coûteux pour un grand nombre de marchandises ; ils sont très gênants pour les transbordements du matériel de guerre et pour les transports de troupes.

J'avoue qu'en raison des pertes de temps inévitables avec les transbordements du matériel de guerre et de la troupe, je m'étonne de voir l'Admi-

nistration de la Guerre prendre si facilement le parti d'avoir en Algérie un réseau de chemin de fer à voie réduite rattaché à celui à voie normale ; et plus encore, de ne pas s'effrayer de la perspective de voir dans la suite la nécessité d'une voie plus réduite que celle qu'on propose aujourd'hui, s'accentuer en raison du peu de différence des deux voies admises aujourd'hui.

Les chemins de fer sont des instruments non moins importants en temps de guerre qu'en temps de paix. Envisagés comme instruments de guerre, on ne peut pas dire que telle ou telle autre partie d'un réseau devra pouvoir servir ; il faut que le tout, que chaque ligne puisse servir à effectuer avec le plus de continuité possible les transports ; il sera déjà bien assez gênant pour les opérations militaires, de se trouver en face de deux largeurs de voie ! Mais, préparer, par le choix d'une voie insuffisamment réduite, la nécessité de l'introduction d'une troisième largeur de voie me paraît fâcheux au point de vue du rôle des chemins de fer en temps de paix, et tout à fait inadmissible au point de vue militaire.

Le jour où l'on aura construit dans un pays un réseau de chemins de fer présentant trois largeurs de voie, ce réseau, dans son ensemble, ne sera certes pas plus satisfaisant au point de vue stratégique qu'au point de vue économique. Attribuer le titre de *réseau stratégique* à une partie des lignes et celui de *réseau économique* à une autre partie, c'est reconnaître que l'ensemble ne répond ni aux exigences militaires, ni aux exigences économiques.

Ainsi que je l'ai dit, malgré le désir de ne pas abandonner sans nécessité impérieuse la largeur normale de la voie, il y a des cas où il faudra s'y décider. Mais alors il ne faut pas, à mon avis, s'arrêter à mi-chemin ; il ne faut pas non plus tomber dans l'excès.

L'exemple cité par M. Fousset, l'exemple des chemins de fer du Brésil, montre bien que dans ce pays, qui a eu la malheureuse faiblesse d'admettre dix largeurs différentes de voies, on a fini par donner une grande extension à celle de 1 mètre, tout en ayant essayé diverses largeurs intermédiaires entre celle de $1^{m},60$ qui y est la grande largeur et celle de 1 mètre ; et avoir été jusqu'à des largeurs de $0^{m},76$.

Aux États-Unis on s'est arrêté pour le réseau des chemins de fer à voie étroite à la largeur de 3 pieds, soit $0^{m},915$. Les mêmes ingénieurs qui, pour faire admettre la construction des chemins de fer à voie de 3 pieds, avaient cherché à nier l'importance de l'uniformité de la voie, n'en sont pas moins venus à fixer, dans des congrès tenus par les partisans de la voie étroite à Cincinnati et à Saint-Louis, que c'est la voie de 3 pieds qui devrait être adoptée pour tous les chemins de fer à voie étroite.

En adoptant pour les lignes, dont l'exécution à voie normale ne serait pas possible, la largeur de voie de 1 mètre, on aura tous les avantages que fait si bien ressortir M. Fousset pour sa voie de $1^{m},10$; on aura celui d'être placé dans des conditions plus économiques pour le réseau destiné à être

construit avec cette largeur et la nécessité d'avoir à prévoir un troisième réseau de 0m,75 de voie, sera écartée.

Après avoir un peu abandonné le point de vue général, je reviens aux avantages que présenterait l'adoption du système de véhicules reposant sur deux trucks.

J'ai parlé de la flexibilité; il y en a un autre qui, précisément pour le cas de la coexistence de deux voies différentes, est d'une grande importance. Au lieu de faire les transbordements des marchandises arrivant sur la voie de telle largeur et devant passer sur la voie de telle autre largeur, en déchargeant l'un et en chargeant l'autre wagon, ce système de construction permet d'opérer d'une façon plus expéditive. On n'a qu'à remplacer les trucks des wagons, chargés ou vides, pour qu'ils puissent continuer leur route sur telle autre voie. Aux États-Unis et au Canada, il y a diverses installations pour opérer ce changement de trucks et l'on arrive ainsi à peu de frais non seulement à supprimer les transbordements, mais aussi, et c'est là un point capital, à diminuer considérablement les pertes de temps.

Des installations comme celles de Buffalo, de Louisville, etc., permettent de faire le changement des deux trucks d'un wagon en trois ou quatre minutes. Il va de soi que le passage des caisses de la voie normale sur les lignes à voie étroite n'est possible qu'en tant que la différence de largeur n'est pas trop considérable. La réduction de 1m,45 à 1 mètre permet encore ce passage.

Aux États-Unis on ne s'est pas borné à assurer ainsi le transit aux marchandises. Dans les États du Sud il y a des lignes qui ont 5 pieds, soit 1m,524, de largeur de voie; pour que les voyageurs des wagons-lits ne soient pas dérangés la nuit lors du passage de la voie normale sur ces voies plus larges, on change les trucks des wagons-lits aux stations où se rencontrent les deux voies.

Le matériel américain présente aussi d'autres particularités qui peuvent être considérées comme des avantages sur notre matériel, tel que, par exemple, la position centrale des tampons. Je ne proposerais cependant pas de les introduire; car cela rendrait l'insertion du nouveau matériel entre le matériel actuel, sinon impossible, pour le moins gênant. Il n'en est pas de même pour l'adoption du système des trucks mobiles.

Une ligne à voie normale, construite très économiquement et munie d'un matériel très flexible, permettant d'abaisser considérablement la limite des rayons de courbure, pourra, en cas de besoin, comme par exemple en cas de guerre, être parcourue par le matériel ordinaire pour éviter les transbordements. La réduction de la vitesse écartera les dangers et l'avantage d'éviter le transbordement compensera l'augmentation des efforts de traction.

Si l'embranchement est construit à voie étroite, il suffira d'avoir des

trucks correspondant à la voie normale, pour pouvoir à volonté faire passer les caisses des wagons de l'embranchement sur la voie normale et réciproquement.

C'est à tort que l'on insiste souvent sur la supériorité de la voie étroite en ce qu'elle permet de réduire le rapport entre le poids propre des véhicules et des charges qu'ils sont susceptible de transporter.

Il est vrai que l'on a construit pour certains chemins de fer à voie étroite, dont les trains ne devaient marcher qu'à de faibles vitesses et n'être composés que de peu de wagons, des wagons très légers; mais rien n'empêche d'imposer les mêmes restrictions de vitesse et de composition de trains aux chemins de fer à voie normale devant être outillés très économiquement; et l'on pourra alors, en prohibant l'insertion de ce matériel léger dans les trains rapides et lourds des lignes principales, arriver à un poids mort des wagons qui conduira à des proportions aussi favorables entre poids propre et la charge, que ceux prônés comme constituant un avantage particulier à la voie ét oite.

En allant trop loin dans cette voie de la réduction du poids propre du matériel on ferait toutefois une grave erreur, car l'économie due à la réduction du poids brut à traîner, serait largement compensée par l'augmentation des frais d'entretien et de réparation d'un matériel qui ne présenterait plus la résistance nécessaire.

On n'a du reste qu'à se reporter aux débuts des chemins de fer pour retrouver sur la voie normale des rapports précisément aussi avantageux entre le poids des véhicules et le poids des charges que le sont ceux que l'on invoque aujourd'hui en faveur de la voie étroite.

L'on en est revenu sur les voies normales et nous voyons que sur les chemins de fer à voie étroite des Etats-Unis, au fur et à mesure que ces chemins de fer, par le développement de leur trafic, sont forcés de faire des trains plus lourds et de marcher plus vite, le poids des véhicules va en croissant.

Il n'en est pas moins vrai que lorsqu'il s'agit de doter un pays de chemins de fer et que les ressources sont très restreintes, il vaut mieux se résigner à une exécution très économique, mais en rapport avec les besoins *immédiats*, que de réduire l'extension des voies ferrées pour pouvoir les établir d'une façon qui serait plus en rapport avec les besoins *futurs*.

Si les conditions sont telles que l'établissement à voie normale est incompatible avec la configuration du sol et les ressources, il faut adopter la voie étroite — mais non pas une voie quelconque; il vaut mieux en pareil cas s'entendre sur une largeur déterminée et celle de 1 mètre suffira presque toujours.

Tous les calculs faits par M. Fousset pour prouver qu'avec la voie de 1^m,10 les véhicules auront la capacité voulue pour donner satisfaction aux exigences militaires, s'appliquent aussi à la voie de 1^m,00; car tout en admettant que les dimensions, que M. Fousset veut donner aux caisses,

devront être absolument maintenues; rien ne s'oppose à l'adoption de ces dimensions avec la voie de 1 mètre. — L'augmentation de l'encorbellement des caisses sur le châssis, sera de $0^m,05$, ce qui n'est pas inadmissible.

Ce n'est du reste pas assez d'avoir construit à bon marché; il faut aussi et surtout réduire le plus possible les frais d'exploitation.

L'avantage de la voie étroite, au point de vue du rapport entre poids brut et poids utile, étant ramenée à sa vraie valeur, la question de la largeur de la voie, qu'elle soit normale ou étroite, ne joue plus pour les frais d'exploitation le rôle qu'on lui attribue souvent à tort.

Il est vrai que l'utilisation du matériel à voie étroite peut être plus complète lors de faible trafic et cela constitue l'un des avantages de la voie étroite au point de vue de l'Exploitation, mais la réduction de la vitesse de marche, la réduction et même la suppression du personnel de la voie disséminé le long de la ligne, la suppression du service de nuit, la réduction des gares au strict nécessaire, le remplacement de certaines petites gares par des haltes; souvent par des haltes facultatives; et d'autres simplifications de même ordre, qui toutes se traduisent en diminution des frais d'exploitation, pourront être introduites indépendamment de la question de la largeur de la voie.

On m'objectera que le public, dès qu'on lui donne une ligne à voie normale, élève ses exigences et ne se contente plus des installations modestes et du service restreint qu'il accepterait s'il voyait un chemin de fer à voie étroite.

Cette objection ne me paraît pas de nature à devoir nous faire abandonner tel système de construction que nous, ingénieurs, seuls juges en cette matière, aurons reconnu être particulièrement indiqué. Si nous cédons en pareil cas, on ne nous en saura pas plus gré dans la suite qu'à un médecin qui, vis-à-vis d'un client difficile à traiter, aura consenti à ne pas lui donner le remède propice. — Il ne fallait pas céder, dira-t-on au médecin et c'est ce que l'on dira aussi un jour à l'ingénieur, qui de crainte de se trouver contredit par le public incompétent, n'aura pas fait ce que lui commandait l'étude des conditions locales.

Les quelques centaines de kilomètres construits avec $1^m,10$ ne constituent pas un obstacle absolu. On peut encore, à peu de frais, ramener la voie et le matériel à la largeur de voie voulue. Songeons seulement que le chemin de fer de l'Ohio-Mississipi ramena en une journée (le 23 juillet 1871) sur 547 kilomètres, sa voie de $1^m,83$ à $1^m,45$; celui du Grand Trunk Canadien a fait en 27 heures (du 3 au 4 octobre 1873) la même opération sur 900 kilomètres, et le chemin de fer de l'Erié, après avoir commencé par poser un troisième rail, constituant la voie de $1^m,45$, dans ses voies larges de $1^m,83$, a également fini par supprimer sur plus de 1,500 kilomètres la voie large.

Sur le chemin de fer de Denver-Rio-Grande qui aujourd'hui a déjà plus de 1,300 kilomètres construits à voie étroite de 3 pieds, on a commencé

par poser sur environ 190 kilomètres entre Denver et Puebla un troisième rail correspondant à la voie normale, et il se peut bien qu'on arrive à y supprimer sur une grande étendue, c'est-à-dire sur la ligne de transit, la voie étroite.

Dans le cas de l'Algérie il faudra à mon avis maintenir la voie normale et compléter ainsi le réseau en prévision d'un matériel flexible, avec le plus d'économie possible, partout où la configuration du terrain le permettra, mais dès qu'on se trouvera en pays très accidenté, ce n'est pas à la voie de 1m,10, qui engendre la nécessité d'un troisième réseau de 0m,75 qu'il faudra s'arrêter ; alors il faudrait à mon avis prendre carrément le parti de construire des chemins de fer à voie étroite et c'est la voie de 1 mètre que je proposerais.

Elle a sur celle de 1m,10 que propose M. Fousset, outre l'avantage d'être plus étroite, celui d'avoir été adoptée en France. Les usines qui construisent le matériel pour les chemins de fer à voie étroite, sont outillées pour le matériel de 1 mètre et quoique le réseau de l'Algérie ne se trouve pas relié à celui de notre continent, le matériel des chemins de fer de la colonie pourra, dans des moments de besoins exceptionnels, aussi bien être réquisitionné pour la France, qu'inversement.

Certes, je ne suis pas plus partisan d'une réglementation exagérée, que de l'établissement de types absolus pour la construction et l'outillage des chemins de fer, car j'y vois des entraves à tout progrès. Ce n'est que sous le bénéfice de la liberté et avec le concours de l'initiative personnelle de tous ceux qui sont appelés à s'occuper de la plus grande des industries modernes, c'est-à-dire, de celle des transports, que des perfectionnements dans le mode de construire et d'exploiter les chemins de fer pourront être réalisés; mais cette liberté a besoin d'être sagement surveillée, et l'initiative personnelle ne doit pas non plus pouvoir devenir préjudiciable à l'intérêt général.

Or, le choix, pour l'Algérie, d'une nouvelle largeur de voie, pas assez différente de celle admise en France, pour les chemins de fer à voie étroite, pour pouvoir être justifiée, mais s'en écartant assez pour supprimer tous les avantages que présente l'uniformité, doit être considéré comme un de ces cas, dans lesquels l'intérêt général impose la restriction de la liberté d'exécuter suivant des types nouveaux.

Je pourrais m'arrêter ici, mais si vous voulez bien m'accorder encore quelque minutes d'attention, j'ajouterai à l'appui de ce que je viens de dire au sujet des avantages que présente le matériel flexible et au sujet de la possibilité de construire très économiquement des chemins de fer à voie normale, quelque chiffres, tirés d'une étude approfondie faite en collaboration avec M. Lavoinne, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur les chemins de fer de l'Amérique du Nord.

Par suite de l'emploi du matériel américain, les rayons des courbes des-

cendent en général sur les lignes à voie normale et à grand trafic des États-Unis, à environ 200 mètres; ainsi :

sur le Pennsylvania-Central R. R. . . . . à 218^{m}
sur le New-York-Central et Hudson-River R. R. . . . . . à 218
sur le Baltimore et Ohio R. R. . . . . à 183
sur le Central et l'Union-Pacific R. R. . . . . à 165

Sur les chemins de fer à voie normale, mais à trafic moins fort, les rayons des courbes n'ont souvent que 145 mètres et même 105 mètres.

Le matériel américain peut du reste passer, pourvu que l'on réduise la vitesse de marche, dans des courbes de 75 mètres de rayon.

Vous savez, Messieurs, que la flexibilité du matériel américain est obtenue: pour les voitures et les wagons par leur suspension sur deux trucks mobiles ; pour les locomotives par l'usage d'un avant-train mobile et par la suppression des mentonnets sur les bandages des roues de l'un des essieux moteurs.

Ce que demande M. Fousset à sa voie de 1^{m},10, c'est de lui permettre des tracés comprenant des courbes de 150 mètres à 175 mètres de rayon. Vous voyez, Messieurs, qu'avec le matériel américain, on peut parfaitement, sans abandonner la voie normale de 1^{m},45, exploiter les tracés proposés par M. Fousset, et le maintien de la voie normale permettrait d'y faire passer au besoin nos wagons ordinaires.

Comme exemples de lignes à voie normale ayant donné lieu à des dépenses de premier établissement très modestes, je citerai les lignes suivantes, construites aux États-Unis :

DÉSIGNATION DES LIGNES A VOIE NORMALE.	LONGUEURS en kilomètres.	DÉPENSES par kilomètre en francs.
Worthington-Siouxfalls	94	44.630
Atlantic-Ohio	80	47.800
Érié-Ontario	27	54.700
Mobile-Montgomery	288	61.700
Rome-Watertown-Ogdensburg	305	65.600
Utica-Ithaca-Elmira	116	66.790
Vicsburg-Meridian	225	67.900
Savannah-Charleston	167	68.500
Louisville-New-Albany-Chicago	463	74.800
Boston-Concord-Maine	256	76.750
Newcastle-Franklin	61	87.520
Chicago-Lake-Shore	402	87.630
Soit, somme et moyenne	2484	71.089

Dans les prix cités, celui du matériel est compris et s'élève à 4,000 à 9,000 francs par kilomètre.

J'ai choisi, pour vous les citer, douze lignes construites très économiquement, mais pour mieux vous prouver la possibilité d'établir des chemins de fer à voie normale sans tomber dans les dépenses de 200,000 à 400,000 francs par kilomètre, je me permettrai de vous donner les dépenses moyennes par kilomètre de l'ensemble des chemins de fer à voie normale de quelques États ; — et je ne choisis pas des États à grandes plaines.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	LONGUEUR TOTALE des lignes en kilomètres.	DÉPENSES par kilomètre en francs.
Delaware.	315	78.800
Caroline du Nord	2159	90.640
New-Hampshire	890	96.000
Maine	1667	134.000
Michigan	4746	186.700
Vermont	1247	141.000
Soit, somme et moyenne	11024	122.790

M. Fousset espère arriver en Algérie, par l'application de sa voie de 1m,10, à 130, 950 francs par kilomètre en moyenne.

Ne croyez pas, Messieurs, que la main-d'œuvre soit moins élevée en Amérique qu'en France, et que l'on arrive pour cela à y construire des chemins de fer à voie normale à des prix aussi modestes ; non, c'est grâce à la bonne étude des tracés, et au principe de proportionner le programme suivant lequel un chemin de fer est construit, outillé et exploité, au rôle qu'il est appelé à jouer et aux ressources de son existence, que l'on arrive à ces résultats.

Je pourrais vous citer un bon nombre de lignes en Amérique, qui ont coûté de 400,000 à 500,000 francs et même plus par kilomètre ; mais ce sont des lignes dont le trafic justifie généralement les dépenses, lesquelles du reste n'ont le plus souvent pas été faites dès le début, mais au fur et à mesure de la prospérité et de l'accroissement des besoins

Un mot encore sur les chemins de fer à voie étroite construits aux États-Unis avec 3 pieds, c'est-à-dire 0m,915 de largeur de voie.

Les exemples que je citerai montrent combien les conditions et, par suite, les prix auxquels ces chemins de fer ont été établis sont variés.

DÉSIGNATION DES LIGNES A VOIE ÉTROITE.	LONGUEURS en kilomètres.	DÉPENSES par kilomètre en francs.
Springville-Sardinia	19	16.520
Waynesburg-Washington	45	17.320
Chester-Lenoir	80	23.930
Colorado-Central	354	33.200
Martha-Vineyard	14	39.230
Montrose	45	40.900
South-Pacific-Coast	48	53.940
Cincinnati-Eastern	100	67.200
Mineral Range	20	97.640
North-Pacific-Coast	123	117.900
Denver-Rio-Grande	1219	143.300
Cairo-Saint-Louis	235	149.480

Il est certain que toutes ces lignes auraient coûté plus cher à établir, si elles avaient été construites à voie normale. L'examen de la question de savoir si, néanmoins, le choix de la voie étroite était indiqué pour toutes, me conduirait trop loin, et ne saurait du reste être fait sans étude spéciale pour chaque ligne.

Quant aux frais d'exploitation, je rappellerai seulement en terminant qu'il y a des exemples aux États-Unis, qui prouvent, que l'on a réduit à 2,000 à 3,000 francs les frais d'exploitation par kilomètre; et cela, aussi bien sur certains chemins de fer à voie normale que sur certaines lignes à voie étroite.

M. le Président donne la parole à M. Hauet.

M. Hauet. M. Pontzen vient de traiter la question au point de vue général de la voie large et de la voie étroite; je vais envisager le sujet d'une façon plus spéciale en ne m'occupant que de l'Algérie et en me renfermant même dans la zone colonisable. Un de nos confrères, membre du Conseil Supérieur de l'Algérie, M. Lesueur, présent à la séance, voudra bien, je l'espère et je l'en prie, nous entretenir de la région saharienne.

M. Fousset semble croire que les chemins de fer algériens ont été conçus sans qu'aucun principe ait présidé à leur enfantement; c'est une erreur que je désire rectifier dans l'intérêt de la vérité, et je vais faire l'historique rapide de la naissance de ces voies de communication.

Historique des chemins de fer en Algérie. — Il fut pour la première fois question d'établir des voies ferrées dans notre belle colonie algérienne vers le commencement de 1857. L'honneur de cette initiative hardie revient au maréchal Vaillant, secrétaire d'État au département de la guerre.

Dans un rapport à l'empereur, le maréchal disait textuellement : « Les

chemins de fer doivent être considérés comme un des plus puissants éléments de la prospérité future de notre vaste conquête. »

Un décret impérial rendu le 8 avril 1857 à la suite de ce rapport décida la création d'un réseau bien étudié, développant 1500 kilomètres et comprenant les lignes : d'Alger à Constantine, d'Alger à Oran, de Philippeville à Constantine, de Bougie à Sétif, de Bone à Constantine, d'Orléansville à Tenez, d'Arzew et Mostaganem à Relizane et d'Oran à Tlemcen.

Dans la période d'un quart de siècle qui s'était écoulée depuis la prise d'Alger, l'armée d'Afrique avait étonné le monde par ses glorieuses victoires. On avait vu nos soldats, sous la conduite de chefs habiles ayant l'habitude de vaincre, renouveler les exploits des époques les plus brillantes de l'antiquité, prenant d'assaut des positions jusqu'alors réputées inexpugnables, et, entre deux faits d'armes héroïques, à l'exemple des légions romaines construire des routes et des conduites d'eau.

Le maréchal Vaillant put croire, et dire dans son rapport, que nos régiments viendraient aussi, par leur indomptable volonté, à bout de sillonner de voies ferrées, cette terre française ultra-méditerranéenne. C'était une patriotique illusion.

Le chemin de fer d'Alger à Blidah fut commencé par l'administration de la guerre, qui arriva bien vite à se convaincre que ce rôle n'était pas le sien. En même temps que la vapeur, une nouvelle et puissante force sociale avait surgi, l'*initiative privée* bien autrement féconde et rapidement productrice que l'action gouvernementale directe. Le gouvernement eut le bon esprit de ne vouloir point persévérer dans une tentative louable et courageuse, sans doute, mais qui ne pouvait avoir qu'un stérile aboutissement, et il eut recours à cette force nouvelle, l'association anonyme.

A la date du 11 juillet 1860, un décret fut rendu, visant la loi du 20 juin précédent, et sanctionnant la convention conclue entre M. Chasseloup-Laubat, ministre secrétaire d'État de l'Algérie et des colonies et une société anonyme, représentée par MM. Rostand, Gautier, Lacroix, le comte Branicki, William Glastone et Hope. Cette convention stipulait la concession des trois lignes d'Alger à Blidah, de Philippeville à Constantine, de Saint-Denis-du-Sig à Karguentah avec prolongement jusqu'au port d'Oran, comprenant en tout 195 kilomètres. Une garantie de 5 pour 100 sur 55 millions et une subvention de 6 millions étaient accordées à la compagnie concessionnaire.

La compagnie mit son personnel en campagne sous la direction de M. l'ingénieur en chef Mantion, elle poursuivit l'exécution de la ligne d'Alger à Blidah dont les travaux accomplis furent comptés dans la subvention pour 1,500,000 francs et mit à l'étude le tracé des deux autres lignes.

La ligne d'Alger à Blidah fut ouverte à l'exploitation le 25 octobre 1862 et les chemins algériens entrèrent dans une nouvelle phase.

Le 31 mars 1863, la compagnie rétrocède ses lignes à la Compagnie P.-L.-M. Une convention, passée par le maréchal Randon, ministre de la

guerre intervient, approuve cette rétrocession et concède, en outre, à la Compagnie P.-L.-M. la ligne de Blidah à Saint-Denis-du-Sig; Alger se trouve relié à Oran.

L'État alloue 80,000,000 de subvention, dont 16,500,000 pour Philippeville à Constantine et 63,500,000 pour Alger et Oran, et garantit, en outre, pendant 75 ans, à partir de la mise en exploitation de l'ensemble des lignes, 5 pour 100 amortissement compris, du capital affecté à la construction, le capital garanti ne pouvant excéder 80 millions.

Les faits qui précèdent constituent la première étape des chemins de fer en Algérie.

Aussitôt le décret rendu, la Compagnie P.-L.-M. chargea M. l'ingénieur Arnaud, qui venait de construire les chemins de fer du Dauphiné, de mener à bonne fin cette œuvre considérable qui, à l'époque déjà ancienne de vingt années, alors que l'Algérie était inconnue et méconnue, présentait des difficultés d'ordres divers dont on ne se rend peut-être plus un compte bien exact à l'heure présente.

Jusqu'à la mise en exploitation de ces lignes, il ne fut pas question de nouveaux chemins de fer. En 1873 seulement, le conseil général du département de Constantine, s'inspirant de ce qui se faisait dans la Métropole concède à titre d'intérêt local à la Société Gouin des Batignolles, un chemin de fer de Bone à Guelma, avec une garantie d'intérêt sur un capital déterminé. Mais la loi de 1865 n'avait pas été rendue applicable à l'Algérie, et le décret du 7 mars 1874 déclarant l'utilité publique de ce chemin et approuvant la convention, dut être précédé à l'*Officiel* d'un décret de promulgation de ladite loi pour l'Algérie.

Ce chemin fut l'origine de l'importante Compagnie Bone-Guelma qui va jusqu'à Tunis, et dont la construction du chemin de fer de la Medjerda peut être considérée comme un acte de haute et sage politique, précurseur de l'occupation de la Tunisie.

En 1874 aussi, est donnée une autre concession, mais suivant une procédure différente. Le gouverneur général concède à la Compagnie Franco-Algérienne le chemin industriel d'Arzew à Saïda, sans garantie d'intérêt ni subvention en argent, et octroie à la Société le droit exclusif d'exploiter 300,000 hectares d'alfa sur les Hauts-Plateaux.

Dans la même année encore, le conseil général d'Oran concède, à titre d'intérêt local avec une garantie d'intérêt de 6 pour 100, sur un capital de 7,000,000 la ligne de Sidi-bel-Abbès au Tlélat, à M. Seignette qui forme la Compagnie dite de l'Ouest-Algérien.

Quatre compagnies existent déjà en Algérie, lorsque sous la vigoureuse impulsion du constructeur bien connu, M. Joret, une cinquième compagnie, l'Est-Algérien devient en 1875, concessionnaire du chemin de fer de Constantine à Sétif, puis successivement de la Maison-Carrée à Ménerville, de Sétif à Ménerville, d'El-Guerrah à Batna, moyennant garantie d'intérêt du capital d'établissement.

Telle est, tracée à grands traits, la naissance des cinq compagnies qui

possèdent et exploitent actuellement les chemins de fer algériens. Toutes ont adopté la voie de 1^m,45, sauf la Compagnie Franco-Algérienne qui a la voie de 1^m,10.

Deux autres chemins de fer purement industriels ont été construits, sans la protection de l'État, par des sociétés pour l'exploitation des mines de fer, l'un par la Société d'Aïn-Mokra, suivant le type ordinaire; l'autre par la Société d'Aïn-Sedma, à chaîne flottante a été édifié par notre savant collègue M. Brüll.

Pourquoi on a adopté l'écartement de 1^m,45. — Je ne rechercherai pas si, comme l'affirme avec conviction M. Fousset, tout le réseau algérien aurait dû être à voie étroite, cela ne pourrait avoir qu'un médiocre intérêt rétrospectif. Mais, ce que vient de démontrer suffisamment l'historique qui précède, c'est que, dès le premier jour, le maréchal Vaillant conçut un plan d'après des principes raisonnés, et si la voie de 1^m,45 fut adoptée par quatre compagnies, ce ne fut ni un effet du hasard, ni par un esprit de servile imitation, ni par caprice gouvernemental; mais bien d'une façon voulue et après que les gens compétents et intéressés se furent prononcés avec unanimité. Jusque dans ces derniers temps, en effet, le pouvoir central, les ingénieurs de l'État, les fonctionnaires civils, le gouvernement général, l'administration de la guerre et la population elle-même ne voulurent point entendre parler de chemins de fer ayant une voie réduite. Il y avait bien quelques exceptions, dont l'auteur de la présente note fait partie, mais elles étaient et sont encore malheureusement fort rares. Veut-on une preuve très récente de cette affirmation ? La presse algérienne va nous la fournir. Un des journaux les plus estimés de l'Algérie, l'*Indépendant de Constantine*, dans son numéro du 29 novembre dernier, s'exprime ainsi : « Le bruit court que le ministre des travaux publics aurait décidé que la ligne ferrée de Batna à Biskra serait à voie étroite, et ce bruit a causé dans cette région une vive émotion. Nous ne pouvons faire ressortir aujourd'hui les inconvénients et les dangers de cette décision, nous attendrons que ce bruit fâcheux se confirme pour protester énergiquement contre le classement à voie étroite de cette ligne si importante du sud de notre province. »

Il ne faudrait pas voir dans ces lignes l'opinion individuelle d'un journaliste écrivant au courant de la plume; non, c'est l'expression vraie du sentiment unamine du milieu algérien.

Conditions techniques d'établissement de l'assiette du chemin de fer. — Un ingénieur distingué disait qu'il ne connaissait au point de vue de l'établissement des chemins de fer que deux sortes de terrains : les terrains qui tiennent et ceux qui ne tiennent pas. En Algérie on peut dire qu'il n'y en a guère que d'une sorte, ceux qui ne tiennent en place sous aucun angle. Presque toujours on se trouve en présence d'un sol d'une confi-

guration extrêmement tourmentée, c'est une succession de croupes très rapprochées, séparées par des ravins à fortes déclivités.

Les tranchées et les remblais ne restent stables que moyennant des travaux de drainage et de consolidation souvent plus coûteux que les tranchées et les remblais même. Ainsi que le fait remarquer très judicieusement M. Fousset, non seulement des masses glaiseuses foirent ou glissent sur des lits de suintement, mais encore des tranchées entièrement dans la terre végétale se comblent après l'été, alors que l'eau s'infiltre dans des crevasses ayant plusieurs mètres de profondeur, qui se sont produites pendant les longs mois de beau temps et de sécheresse.

Les roches de schiste et de gneiss, qu'on n'attaque qu'à la mine, voient l'équilibre de leurs stratifications rompu et d'énormes blocs glissent sur de très minces couches de talc. Les parois des tranchées dans des grès de dureté moyenne se désagrègent et exigent des revêtements maçonnés. Des poudingues, d'une grande dureté à extraire, viennent remplir une tranchée ouverte dans leur masse, sous l'influence d'une poche d'argile qui s'est gonflée après l'époque des pluies.

Les ouvrages d'art les mieux fondés ne sont pas à l'abri de l'instabilité, ils se disloquent sous le gonflement ou le rétrécissement des terres sur lesquelles ils reposent et offrent quelquefois cette particularité de se relever d'une façon très appréciable au lieu de s'enfoncer dans le sol.

Si on ajoute à toutes ces causes de mobilité et de destruction des ouvrages en terre et de ceux de maçonnerie, les tremblements de terre qui de temps à autre convulsionnent la zone littorale; les pluies torrentielles qui affouillent les ponts et parfois les emportent, on comprendra facilement pourquoi des chemins de fer à voie de $1^{m},45$ coûtent cher, très cher même. En dehors des travaux prévus à l'avant-métré, il y a les travaux préservatifs, les travaux de consolidation, les travaux de réfection qui viennent considérablement augmenter les estimations primitives, et c'est pour ces causes bien plus que par les considérations d'une théorie générale sur la voie large et sur la voie étroite qu'il me paraît nécessaire, indispensable de rompre avec les errements du passé dans l'établissement des chemins de fer en Algérie. Non seulement on doit adopter la voie étroite, mais on ne doit limiter ni les rayons des courbes, ni les déclivités, parce que le but qu'il convient d'atteindre avant tout, au point de vue exclusivement technique pour faire économiquement en Algérie, c'est d'établir l'assiette du chemin de fer en attaquant le moins possible les terrains traversés de façon à n'en point troubler l'équilibre éminemment instable. C'est là, qu'on ne s'y trompe point, le facteur principal de l'économie à réaliser dans l'établissement des voies ferrées en Algérie.

Conditions financières. — D'accord avec M. Fousset sur l'impérieuse nécessité de construire à l'avenir à voies étroites, je ne partage pas sa manière de voir au sujet du mode de concession qui paraît avoir ses préférences. Je n'hésite pas à déclarer bien haut le système actuel fatal, per-

nicieux, nuisible aux intérêts de l'Algérie et de la France et j'adjure de n'y point persévérer. Le mémoire auquel je réponds fournit, à l'appui de mon affirmation, des arguments d'une éloquence irréfutable.

Mais avant d'entrer dans des développements, il me paraît utile de bien définir le rôle des nouveaux chemins de fer dont l'Algérie doit être dotée.

M. Fousset, on peut le craindre, s'est laissé entraîner à envisager la question en prenant comme point de vue initial son chemin de Kreider-Mecheria, et comme but essentiel les transports de la guerre. « *Il faut, dit M. Fousset, assurer la sécurité de la population et développer le plus rapidement possible la colonisation.* »

Il convient de renverser les termes de cette proposition, et il importe de dissiper l'équivoque au sujet de ce mot « sécurité, » gros de récriminations chez nos concitoyens d'outre-mer.

Pour notre énergique confrère comme pour M. le ministre au département de la guerre, la sécurité s'entend exclusivement de la répression des insurrections, des incursions, des révoltés du sud.

Pour le colon algérien, cultivateur, exploitant, commerçant, industriel, la sécurité réclamée de tous les gouvernements aussi bien civils que militaires depuis dix années, s'applique surtout à la répression du banditisme indigène proprement dit et aux moyens à employer pour prévenir les déprédations et le brigandage des Arabes.

J'ajouterai, maintenant, qu'autrefois l'administration de la guerre considérait comme ligne stratégique la ligne parallèle à la côte permettant des transports rapides de troupes entre Bone et Oran, et pour ces causes demandait la voie de $1^{m},45$. Aujourd'hui la même administration, arrivant à résipiscence, demande pour les mêmes fins la voie étroite et qualifie de stratégiques les lignes perpendiculaires. Je n'insiste pas; mais je dois faire remarquer que l'assertion de M. Fousset est formellement contestée et M. Lesueur n'hésitera pas à vous dire tout à l'heure que l'armée demande, au contraire, la voie large pour les lignes militaires destinées à implanter notre domination dans le Sahara.

Pour M. Fousset, le développement de la colonisation par les chemins de fer ne doit venir qu'en seconde ligne et comme corollaire des mouvements militaires. Telle n'est point ma manière de voir, et je pose autrement la question.

L'Algérie colonisable comprend une zone de 1,000 kilomètres de longueur sur 200 kilomètres de largeur habitable par les Européens; cette zone comporte des terres arables d'une grande fertilité, des forêts de chênes et de pins magnifiques, des gîtes miniers d'une teneur exceptionnelle, des carrières de pierres et de marbres de prix. Il s'agit pour la France de mettre en valeur ces richesses.

Le chemin de fer doit être, suivant la formule très exacte du maréchal Vaillant, « l'un des plus puissants éléments de cette mise en valeur. »

Et, à ce propos, qu'on me permette une parenthèse. Lorsqu'en France,

dans une nation comptant quinze siècles d'existence et de civilisation ascendante, on fit cette loi de 1836 sur les chemins vicinaux qui a produit de si merveilleux résultats, on se garda bien de faire ces chemins sur les types des grandes routes royales et départementales. On se contenta de chaussées étroites établies avec des matériaux de toutes qualités pris à proximité, on liarda, on bannit tout luxe, on forma et on recruta pour ces constructions un personnel *ad hoc* qu'on n'eût garde de recruter parmi les agents des ponts et chaussées habitués à exécuter des travaux riches et soignés. Grâce à cette parcimonie dans les dépenses, on a aujourd'hui un réseau de chemins qui rend tous les services qu'on en attendait, pour lequel on a dépensé seulement le strict nécessaire, et comme cependant aucune nation au monde n'en possède. Cela devrait nous servir de leçon pour les chemins de fer à établir en Algérie, et nous indique la route à suivre.

Cette digression terminée, je reprends mon argumentation, et je dis que le système de concession, tel qu'il est pratiqué aujourd'hui, est funeste et contraire à l'expansion de la colonisation.

Que voyons-nous, en effet?

A la page 307 de son mémoire, M. Fousset nous montre qu'une des compagnies algériennes ne fera de bénéfice, en dehors de sa garantie, que lorsque la recette atteindra 34,000 francs par kilomètre; qu'une autre ne fera également de bénéfice qu'après une recette de 18,000 francs, d'où il ressort que jusqu'à ce que ces sociétés aient atteint ces maximum, elles n'auront aucun intérêt à chercher, à s'ingénier à développer le trafic, puisque l'intérêt de leur capital, leurs frais d'exploitation sont quand même assurés, et que, tant que les chiffres ci-dessus ne seront pas dépassés, l'accroissement du trafic n'aura d'autre résultat pratique pour elles, qu'un accroissement d'ennuis, de soucis, de travail; sans leur procurer le moindre dividende, sans être une cause de hausse pour leurs titres qui se trouvent classés parmi les valeurs de tout repos par suite de la garantie de l'État.

Les compagnies n'auront donc qu'à se laisser vivre; leur personnel n'aura qu'à observer les conditions du cahier des charges sans rien essayer pour augmenter le tonnage des transports. A quoi leur servirait de tenter l'impossible? M. Fousset ne nous dit-il pas (page 305) que la moyenne actuelle de la recette sur les lignes en exploitation les plus productives de l'Aigérie est de 9,499 francs, correspondante à celle du réseau français de l'État, et il a soin d'ajouter très justement que la multiplicité des lignes n'augmentera pas la recette de celles existantes qui restera longtemps ce qu'elle est. Notons, en passant, que les tarifs de l'État sont moins élevés que les tarifs algériens et que ces derniers s'abaisseront nécessairement dans l'avenir.

Il résulte de ce qui précède que les fondateurs et porteurs de titres des compagnies algériennes deviennent purement et simplement des rentiers de l'État n'ayant point à s'inquiéter de faire fructifier l'entreprise de trans-

port dont ils sont les concessionnaires. Il peut même arriver qu'ils aient avantage à transporter le moins possible.

En effet, l'État accorde à forfait un minimum de frais d'exploitation de 7,700 francs jusqu'à 11,000 francs de recettes; or, le mémoire nous apprend qu'une des lignes fait 3,500 francs de recette ou plutôt ne les fait même pas. Supposons que les fondateurs de cette compagnie, pour se dégager des ennuis du détail de l'exploitation, tiennent à une société fermière le langage suivant : « Le trafic est des plus restreints et ne porte que sur un certain nombre de voyageurs et sur telle nature de marchandise, les dépenses d'entretien du matériel, de personnel, de réfection de la voie, de combustible, etc., etc., sont donc des moins lourdes et n'exigent pas 7,700 francs; chargez-vous de cette exploitation à vos risques et périls, moyennant 7,000 francs, vous trouverez un bénéfice rémunérateur sur les économies que vous réaliserez en ne dépensant que 5 ou 6,000 francs. »

Qu'arrivera-t-il alors? Il arrivera que le fermier ne verra plus que les obligations étroites de son cahier des charges à remplir; il fera les trains réglementaires prévus, les fera arriver à l'heure, mais cherchera à n'avoir point de trafic pour n'avoir point de dépenses; et l'idéal de son exploitation n'aura d'autre limite que d'avoir à faire rouler ses trains à vide, sans voyageur ni marchandise.

Est-ce donc là le but poursuivi? Assurément non, et pourtant c'est forcément ce résultat qu'on obtiendra si on continue, comme par le passé, à procéder par subvention en argent et garantie d'intérêt.

A dessein, je ne m'étendrai pas sur l'écart entre le taux garanti par l'État et le taux du placement des titres.

Il n'est pas jusqu'à l'homologation des tarifs qui condamne irrémédiablement le système actuel; là encore on se trouve en face d'une situation absolument illogique, anti-économique.

Un document officiel va nous le démontrer.

C'est un rapport du président de la chambre de commerce de Constantine. Parmi les doléances qu'il contient, je recueille celle-ci : « Les chambres de commerce ne sont pas appelées à donner leur avis sur l'homologation des tarifs de chemins de fer qui les intéressent directement, et la chambre de commerce de Constantine, consultée sur l'utilité du tunnel de la Manche, sur les tarifs du chemin de fer français, n'est pas consultée sur les tarifs à appliquer sur les voies ferrées aboutissant à Constantine. »

Dans ce même rapport, je trouve cette conclusion assurément inattendue pour ceux qui ne connaissent ni l'Algérie, ni l'histoire de ses chemins de fer : « L'intérêt de l'État, du commerce et des compagnies commande de baser les tarifs sur le transport par tête de bétail, par tonne de marchandises, PAR KILOMÈTRE PARCOURU, et *d'unifier pour toutes les lignes les tarifs et les nomenclatures de marchandises*. L'État ne doit pas favoriser telle région au détriment de telle autre. »

Une délibération de la Chambre de commerce de Philippeville du 21 octobre 1882 conclut de même.

De l'écartement des rails. — Le mémoire préconise l'adoption d'une largeur de 1^m,10; il en donne deux raisons qui ne sont guère probantes : la première, c'est que 1^m,10 est la moyenne arithmétique des nombres 1^m,45 et 0^m,75; nous ne nous arrêterons pas à cette démonstration mathématique qui ne doit pas paraître à M. Fousset plus concluante qu'à nous-même, quoiqu'il la donne à plusieurs reprises.

La deuxième raison, c'est que le matériel construit pour cette voie est capable du chargement d'un multiple exact de chevaux, hommes, matériel militaire, et qu'il n'y a par conséquent aucune place perdue. A cela, nous répondrons que la voie de 1 mètre nous paraît susceptible d'avoir un matériel utilisable d'une façon aussi rationnelle, l'argument n'est donc que spécieux; et puis, est-ce que les transports militaires devront jamais être autre chose qu'un accident? Est-ce que réellement l'Administration militaire songerait, pour ravitailler quelques postes avancés, à faire des centaines de kilomètres à 50,000 francs le kilomètre?

La vraie raison du choix de 1^m,10 par M. Fousset, c'est que son chemin est déjà construit à cette largeur. Cette raison, qu'il ne dit pas, est la meilleure, mais néanmoins est insuffisante pour faire loi.

Conclusion. — J'ai démontré, je crois, que, d'accord avec M. Fousset, il convient de rejeter dans la généralité des cas la voie de 1^m,45, que, d'accord encore avec lui, il faut adopter les voies étroites; mais d'un radicalisme beaucoup plus accentué, je pense que le gouvernement doit laisser faire à toutes largeurs parce que le transbordement est un facteur négligeable; que de plus, le gouvernement ne doit imposer ni maximum de pentes et rampes, ni minimum de rayons de courbes, puisqu'il n'impose ni écartement d'essieux, ni poids de locomotives, ni section de rails, ni dimensions, ni écartement de traverses; ce en quoi il est sage, mais peu logique, puisque ceux-ci sont fonctions de ceux-là.

Donnerai-je un exemple typique de l'inanité de beaucoup de prescriptions administratives? Les cahiers des charges des chemins de fer français portent que les ouvrages d'art au-dessus des rails auront des dimensions de 4^m,80 de hauteur et de 8 mètres de largeur. Il semble que de cette obligation doit résulter une uniformité de la section des véhicules chargés; eh bien! il n'en est rien, chaque réseau a un gabarit de chargement qui diffère de celui de chacun des autres réseaux.

L'État d'ailleurs, en fait de chemins de fer, n'a charge que de la sécurité des citoyens, et pour cela il a des lois qu'il lui suffit d'appliquer sérieusement, sans égard pour la position sociale des coupables. Il est étrange, par exemple, que l'État qui a l'air de me protéger, moi voyageur, en s'immisçant dans l'examen et l'approbation d'un projet d'aqueduc de soixante centimètres, ou d'un pont de soixante mètres, se désintéresse complètement le jour où le pont s'effondre sous le passage d'un train le lendemain de son édification; se récuse, si, voyageur victime de cet accident, je le mets en cause.

Je crois aussi que l'État doit abandonner le droit d'approbation des gares et des bâtiments et ne se réserver ce droit que pour le seul projet de tracé en plan.

Ceci dit pour la partie purement technique; ayant condamné le mode de subvention en argent et de garantie d'intérêt, je dois dire ce que j'entends substituer.

Il est peut-être bon encore auparavant, de rappeler que les chemins à établir, ne sont pas, comme en France, des voies de communication très perfectionnées, qu'il s'agit de créer à la place où même à côté de voies moins parfaites; ce sont des instruments ayant pour but de mettre en valeur des régions productives, apanage de la barbarie, qu'il convient de conquérir au commerce, à l'industrie, à l'agriculture.

Le meilleur moyen, je crois, de donner un corps à ma façon de comprendre les concessions de chemins de fer en Algérie, c'est de la libeller sous la forme même de la convention à conclure, en ne m'arrêtant pas aux détails et donnant seulement le squelette de la convention.

On remarquera que je ne prévois pas la déchéance, parce que lorsque l'État donne une concession de chemin de fer, c'est qu'il reconnaît qu'il y a utilité publique, si le demandeur s'est trompé, l'État qui a des moyens d'information beaucoup plus complets s'est trompé lui aussi, la faute ne doit pas être supportée par un seul.

CONVENTION.

ARTICLE PREMIER.

Le chemin de fer de à est concédé à la Compagnie qui devra en assurer la construction et l'exploitation. La concession est faite pour 99 ans, qui commenceront à courir du jour de la ratification de la présente convention.

ART. 2.

La Société construira le chemin à ses risques et périls, elle adressera son projet de tracé dans un délai de , la mise en exploitation devra avoir lieu dans un délai de .

ART. 3.

La Compagnie versera un cautionnement de qui lui sera rendu intégralement, le jour ou la plate-forme du chemin, terrassements et ouvrages d'art, sera complètement établie.

ART. 4.

La Compagnie devra justifier par copie des actes authentiques, quelle est légalement constituée sous une des formes prévues par la loi de 1867.

ART. 5.

La Compagnie n'aura à se pourvoir d'aucune autorisation du gouvernement pour l'émission de ses titres.

ART. 6.

La Compagnie aura le privilège exclusif, ou droit d'option, de l'exploitation des mines, carrières, forêts, barrages et irrigations dans une zone de kilomètres à droite, et de kilomètres à gauche de la ligne, suivant les limites tracées au plan général joint à la présente. Ce droit ne sera acquis à la Compagnie qu'après l'ouverture à la circulation de la ligne.

ART. 7.

Les tarifs sont ainsi fixés :

Pour les voyageurs.

. . . .

Pour les marchandises.

. . . .

La Société pourra les abaisser mais elle n'aura plus le droit de les relever une fois abaissés.

ART. 8.

L'État payera chaque année à la Société une indemnité de centimes par voyageur-kilom. payant transporté;

De centimes par tonne-kil. de marchandises à l'exportation;

De centimes par tonne-kil. de marchandises à l'importation.

ART. 9.

Le droit de rachat de l'État pourra s'exercer des deux manières suivantes :

1° *Avant la mise en exploitation de la ligne* si la construction n'est pas achevée dans le délai prévu à l'article 2 ci-dessus, l'État deviendra propriétaire en remboursant la moitié des dépenses d'infrastructure fixée à dire d'experts, la Compagnie restant propriétaire du matériel quelle devra enlever dans un délai de six mois;

2° *Après la mise en exploitation* en signifiant à la Compagnie cinq années à l'avance que l'État veut user de son droit.

Le rachat se fera alors aux conditions ci-après :

Il sera payé à la Compagnie :

1° En capital, le montant de l'estimation faite par trois experts et à l'expiration du délai de signification des travaux existants y compris le matériel fixe et les bâtiments, mais non compris le matériel roulant;

2° Des annuités pendant le temps restant à courir de la concession, calculées d'après la moyenne des quatre chiffres suivants, qui ne comprendront pas l'indemnité payée par l'État, conformément à l'article 8.

Trafic de la première année d'exploitation,
— de l'année de la signification du rachat;
— de l'année précédant le rachat,
— de l'année suivant le rachat.

La moyenne ainsi obtenue devant être diminuée de l'intérêt à 5 pour 100 du capital ci-dessus.

La Compagnie restera titulaire de toutes les concessions et privilèges qui lui auront été attribués en vertu de l'article 6 avant la date de la signification du rachat.

ART. 10.

L'État aura le droit d'instituer comme il lui conviendra un service de contrôle et de surveillance, mais seulement pour l'exécution des clauses ci-dessus, sans en faire supporter les frais par la Compagnie.

Je ne crois pas nécessaire de me livrer à des développements pour faire comprendre la portée et l'économie de chacun des articles qui précèdent; mais je dois dire, en terminant, que l'adoption du système que je propose devrait avoir pour conséquence logique, le rachat par l'État des chemins déjà concédés.

M. LE BRUN dit que M. Pontzen a présenté quelques exemples de voies larges construites en Amérique à des prix très bas. Je dois dire qu'en France la Compagnie des Dombes a construit, dans les mêmes conditions, des lignes aussi économiques. Ainsi la ligne de Lyon à Bourg, traversant un pays plat, a coûté de 55 à 60,000 francs le kilomètre. La ligne de Lons-le-Saunier, passant dans un pays mamelonné à grandes ondulations qui ont permis d'épouser le terrain sans de trop grands terrassements, a coûté, compris un grand pont sur la Saône et un sur la Seille, 70 à 75,000 francs. Enfin, la ligne de Nantua, en plein Jura, comprenant, sur un parcours de 38 kilomètres, cinq tunnels, dont deux de 300 mètres chacun, un de 800 mètres, un de 1,600 mètres, un de 2,700 mètres, soit un total d'environ 5,700 mètres en tunnels; deux viaducs dont l'un a 110 mètres de longueur et 12 de hauteur, dont l'autre a 250 mètres de longueur et 58 mètres de hauteur, malgré ces travaux exceptionnels répartis sur une aussi faible longueur, n'a coûté qu'environ 180,000 francs le kilomètre. J'ai cru ces renseignements intéressants en vue des prix extrêmement élevés des lignes construites actuellement par l'État.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant M. Le Brun des chiffres qu'il a bien voulu nous communiquer, lui demande de nous apporter des renseignements plus précis encore; nous désirons avoir le plus de détails possible sur les chemins de fer économiques et sur leur construction, sur le lien qui existe entre ces constructions et l'exploitation économique. Il prie donc M. Le Brun de nous donner un jour quelques notes plus complètes sur cette question.

M. EDMOND ROY présente les considérations suivantes relatives à la flexibilité du matériel ordinaire dans les courbes de faible rayon. M. Pontzen a parlé tout à l'heure de la souplesse du matériel employé en Amérique pour faire le service des chemins de fer à courbes de petits rayons, vous

vous rappelez sans doute que, il y a modestement vingt-cinq ans, j'ai eu l'honneur de vous présenter ici le résultat des études que j'avais faites alors, pour faire passer dans des courbes de petits rayons, un matériel tout à fait analogue au nôtre. Des expériences furent faites, et, probablement, M. Pontzen n'en a pas eu connaissance ; mais enfin, j'ai construit en fait un chemin de fer formant un 8 avec des courbures de 80 mètres de rayon, et nous y avons circulé avec des machines à huit roues couplées, à une vitesse de 40 kilomètres à l'heure, avec des wagons chargés à 12 tonnes ; par conséquent, je crois que nous avons chez nous les éléments nécessaires pour pouvoir faire des chemins de fer avec un matériel très souple, et c'est la conséquence des résultats dynamométriques obtenus dans les expériences que nous avons faites. Nous avons comparé la résistance d'un wagon ordinaire que nous avons fait circuler sur le chemin de fer d'Orléans, nous avons cherché le rapport existant entre l'effort nécessaire pour les deux matériels; avec mon système, la résistance était jusqu'à 60 pour 100 moindre; ainsi la résistance était de 5 kilog., d'un côté, et celle du matériel à essieux parallèles était de 11 kilog. 50 (et, à cette époque, l'écartement des essieux était moindre qu'aujourd'hui). Vous voyez qu'il y a plus de moitié de différence, c'est-à-dire que, dans une courbe de 80 mètres de rayon, nous arrivions à une résistance de roulement à peu près équivalente à la résistance du matériel ordinaire dans une courbe de 300 à 400 mètres ; nous étions dans des conditions aussi bonnes qu'avec le matériel ordinaire sur des chemins ordinaires. Mais, depuis, la question a fait un autre pas. J'ai perfectionné mes boîtes à glissières, et elles sont aujourd'hui sanctionnées par la pratique. Au chemin de fer du Nord, depuis deux ans, il y a des locomotives à grande vitesse, de ces machines qui font 80 kilomètres à l'heure, auxquelles on a appliqué, à l'essieu d'avant, des boîtes perfectionnées de mon système. On s'en trouve tellement bien qu'on va maintenant en étendre l'application. Avec ce système, le matériel est beaucoup plus flexible, il ne donne pas de secousses à la voie, il ne lui donne pas de chocs en arrivant dans les courbes, et on sent qu'il y a là un avantage marqué à avoir des machines à allure plus souple. Ces machines peuvent passer dans des courbes de 150 mètres de rayon. Il y a, au Nord, des machines à 6 roues couplées, qui ont un bogie ; cela fait 10 roues. A l'aide de l'application d'un perfectionnement que j'y ai apporté, on les fait passer dans des courbes de 200 mètres. Le mouvement transversal du bogie est de 8 centimètres, sans préjudice du mouvement de convergence. D'un autre côté, il y a une machine à marchandises, à laquelle on a ajouté un demi-tender qui est supporté par un essieu porteur à voûte avec mes boîtes perfectionnées, ce qui a permis d'avoir une plus grande provision d'eau et de combustible. Cette machine a fait un service complet pendant deux ans, et les boudins n'ont pas été usés. Je ne parle pas des boudins de l'essieu qui est monté sur les boîtes à glissière, mais son action a été telle que l'essieu d'avant de la machine n'a usé ses boudins qu'après un parcours de 72,000 kilomètres, alors que

10 machines pareilles, du même type mais sans mon essieu porteur, ont usé, en moyenne, leurs bandages après un parcours de 32,000 kilomètres. Vous voyez quelle est la puissance directrice de ce perfectionnement. Ces machines circulent sur des courbes de 440 mètres de rayon.

Voilà pour la souplesse du matériel, et je crois que nous n'avons pas besoin d'aller la chercher en Amérique, d'autant plus que ceci existe chez nous, car la machine à grande vitesse, dont je parle, est une machine modifiée, dont les boîtes modifiées sont de notre collègue Delannoy. Vous voyez que nous avons ici quelque chose de beaucoup plus simple qu'à l'étranger.

M. Pontzen se permet de faire remarquer seulement que, dans la communication qu'il a eu l'honneur de faire, il conclut en proposant qu'on fasse les chemins de fer à voie normale en prévision d'un matériel flexible. S'il a parlé du matériel américain, c'est pour faire ressortir l'avantage qu'il présente de permettre de changer le matériel en laissant les trucks. C'est pour cela qu'il a dit « matériel flexible. »

M. le Président voit avec plaisir que la question se précise et amène des renseignements utiles; mais, il faudrait rester sur le terrain de la communication de M. Fousset. Il demande si quelqu'un désire encore prendre la parole sur la communication de M. Fousset, relative à l'Algérie. Il pense que si l'on veut étendre la discussion, il sera facile de le faire, lorsque la question de l'Algérie sera épuisée.

M. Auguste Moreau commence par rappeler à propos de l'allusion faite aux chemins vicinaux par M. Hauet que la construction de ce réseau fut d'abord demandée au Ministère des Travaux Publics qui se refusa à faire autre chose que des routes coûteuses et disproportionnées avec les besoins. C'est à la suite de ce singulier antagonisme que fut votée la loi de 1836 qui renvoya la construction des chemins vicinaux au Ministère de l'Intérieur et organisait un personnel spécial et nouveau d'agents voyers.

C'est exactement d'ailleurs ce qui s'est passé de nos jours pour les chemins de fer d'intérêt local qui sont de vrais *chemins de fer vicinaux* et dont les Travaux Publics ne se sont décidés qu'avec peine à s'occuper pour chercher ensuite à les absorber comme les autres réseaux aussitôt qu'ils les ont vu prendre de l'importance.

La conclusion de tout cela ne serait-elle pas que la meilleure solution pratique pour l'exécution de ces petites lignes serait de revenir purement et simplement à la loi de 1836, faisant passer ces sortes d'entreprises aux mains du ministre de l'intérieur avec contrôle exercé par le personnel des agents voyers ? L'exemple des premières lignes construites en Alsace paraît ne laisser aucun doute à cet égard et bien montrer que là se trouve la vérité.

M. Auguste Moreau se déclare ensuite absolument partisan la voie étroite, surtout pour le réseau algérien, et trouve qu'une entreprise qui, comme celle-là, conduirait à une garantie annuelle d'intérêt de 50 à 60 millions au moins,

c'est-à-dire à une somme plus élevée que celle qu'exige la totalité des chemins de fer de France dans les plus mauvaises années, serait un non sens.

Et à ce propos M. A. Moreau n'est pas de l'avis de M. Hauet en ce qui concerne les moyens financiers : la garantie d'intérêt est aujourd'hui une chose indispensable pour trouver des capitaux qui veuillent bien s'engager dans les chemins de fer à construire dans l'avenir, qu'ils soient confiés à l'industrie privée ou à l'État; celui-ci paye toujours les déficits au moyen de la caisse des contribuables. L'immense discrédit qui a accompagné ces sortes d'entreprises à la suite des nombreuses débâcles plus ou moins loyales qu'on a eu à constater dans ces quinze dernières années, empêchera d'une façon absolue, dans l'avenir, l'épargne de se porter sur ce genre d'affaires si l'on ne prend des mesures exceptionnelles ; et ce n'est ni la subvention fixe une fois versée, ni la rétribution proportionnée au trafic comme l'indique M. Hauet qui rappellera les capitaux effrayés et récalcitrants. C'est au point que si l'on offre même des subventions, supérieures aux besoins, on ne réussira jamais à le faire croire au public qui a été trompé si souvent et qui répondra que c'est avec de semblables promesses qu'on l'a amorcé et ruiné tant de fois. Non, le seul moyen d'avoir de l'argent pour exécuter ces entreprises dans l'avenir, c'est d'assurer aux capitaux un revenu, modeste s'il le faut, mais *sûr :* en un mot c'est le système de la *garantie d'intérêt* qui seul peut rendre la vigueur à cet être malade si souvent exploité par des financiers maladroits ou peu scrupuleux.

Pour réduire l'importance de cette garantie il est donc absolument indispensable de diminuer autant que possible la dépense de premier établissement ainsi que les frais d'exploitation; c'est pourquoi il faut, sans hésiter,adopter la voie étroite qui, de l'avis de tous ceux qui ont construit des chemins de fer, réalise sur la voie normale, avec l'écartement de 1 mètre seulement entre rails, une économie qui n'est jamais inférieure à 20 pour 100 et peut dépasser 50 pour 100 selon que le terrain est accidenté ou plat. Le chiffre de 0.75 que cite comme minimum l'auteur du mémoire, paraît un excellent choix qui concorde parfaitement avec les conclusions que M. Auguste Moreau tirait de son étude critique du cahier des charges type dans la séance du 6 octobre dernier.

Le désaccord s'établit néanmoins immédiatement sur le chiffre maximum indiqué comme devant être porté à $1^{m},10$, alors que ce devrait être évidemment 1 mètre.

M. Auguste Moreau ne peut en effet dissimuler la surprise qu'il a éprouvée en voyant préconiser une voie aussi étrange, aussi bizarre et d'une cote aussi inattendue que celle de la ligne d'Arzew à Saïda : $1^{m},10$! On a beau se torturer l'esprit pour chercher une explication plausible à l'adoption de ce chiffre, on en trouve réellement aucune, et M. Fousset lui-même, s'il eût été là, à l'origine de la construction, aurait probablement empêché cette singularité et adopté franchement la voie de 1 mètre. Cela se devine à chaque ligne de son mémoire et l'on voit nettement que tout ce

qu'il dit s'applique à la voie de 1 mètre, mais qu'il a dû remplacer ce chiffre et mettre 1m,10 par égard pour la compagnie à laquelle il appartient et dont il a dû nécessairement prolonger le réseau suivant les anciens errements.

Les deux seuls arguments que l'auteur se voit forcé de fournir pour justifier sa cause sont en effet les suivants :

1° La voie de 1m,10 est la moyenne entre celles de 1m,45 et de 0m,75, points extrêmes dans la pratique; *a priori* cette raison n'a absolument aucune valeur. De plus cela n'est pas tout à fait exact car les cotes de 1m,45 et 0m,75 sont estimées entre rails, tandis que celle de 1m,10 de la Franco-Algérienne est prise d'axe en axe et la vraie cote entre rails est 1m,055, qui n'est la moyenne de rien. Franchement il est permis de se demander comment il a pu venir à l'idée d'ingénieurs français, d'adopter un type de voie aussi excentrique quand ils ont l'honneur d'appartenir au pays inventeur du mètre ! Et notons que l'auteur insiste en faisant remarquer que cette voie correspond précisément à celles de 1m,065 adoptées par les Anglais dans les Indes ! Il faut avouer que le modèle est bien malheureusement choisi et qu'il n'y a pas grand honneur pour nous à copier servilement nos voisins d'outre-Manche dont la haine aveugle contre le système métrique et bien d'autres institutions françaises est proverbiale. Encore les Anglais sont-ils rationnels en prenant cette largeur qui correspond à trois pieds et demi nombre exact dans leur système de mesures; mais nous, vraiment, qu'allons-nous faire dans cette galère?

M. Auguste Moreau passe ensuite au second argument qui paraît plus frappant au premier abord, mais qui n'a pas plus de valeur au fond.

La voie de 1m,10, est-il dit, se prête avantageusement aux transports militaires; la largeur exigée pour chaque place par l'ordonnance de police étant de 0m,45, cinq voyageurs de front occuperont 2m,25, c'est-à-dire la largeur exacte correspondant à la voie de 1m,10.

Or la largeur de 2m,25 à l'intérieur des caisses est précisément celle qu'on adopte généralement avec la voie de 1 mètre et non avec celle de 1m,10 qui pourrait être plus grande et portée à 2m,50 intérieurement si cela n'était complètement inutile. La voie de 1 mètre elle-même pourrait aller jusqu'à une largeur de 2m,35, c'est-à-dire 2m,50 à l'extérieur des caisses, puisque la dimension maximum, reconnue bonne pour la stabilité est admise même pour les sévères règlements administratifs du 6 août 1881 et de *deux fois et demie* la largeur de la voie non compris les saillies supplémentaires telles que marchepieds, etc. La réduction de la voie à 1 mètre n'entraînerait donc aucune diminution dans la largeur des caisses mais, au contraire, on pourrait encore, si on le jugeait utile, donner à celles-ci 0m,10 de plus qu'elles n'en ont actuellement sur la Franco-Algérienne. Donc en résumé la largeur de 2m,25 pouvait parfaitement être choisie avec la voie de 1 mètre, et c'est ce qu'on a fait déjà souvent dans la pratique.

M. Auguste Moreau insiste particulièrement sur ce point parce que, partant de là, une immense erreur pourrait bien être commise en Algérie. Le ministère des Travaux Publics actuel, en effet, à l'inverse de la plupart de

ses prédécesseurs, est extrêmement libéral et nullement inféodé d'avance à aucun corps constitué ; ses idées sont larges et nous savons qu'il est tout à fait disposé à donner à l'industrie privée la large part qui doit lui revenir dans l'exécution des grands travaux publics en France. Accueillant favorablement toutes les idées justes et de progrès, il est absolument partisan de la voie étroite pour les lignes à faible trafic et verrait volontiers son adoption sur tout le nouveau réseau algérien. Mais il hésite sur le choix de cette voie, et c'est ici que se présente le danger dont nous parlions plus haut.

La réflexion qui se fait est, en effet, la suivante qui est d'ailleurs très rationnelle : si les lignes d'Algérie doivent être faites à voie étroite, encore est-il nécessaire que la voie adoptée soit la même pour toutes les lignes, afin de donner le plus possible de facilités à l'exploitation dans l'avenir. Or, ajoute-t-on, il y a déjà une ligne construite à la voie de $1^m,10$; il est donc indispensable d'établir toutes les autres avec la même voie ! La conséquence en est facile à tirer : une erreur a été commise à l'origine sur une première ligne ; on y a ajouté des prolongements qui, en somme, portent le tout actuellement au total de 352 kilomètres, et, partant de là, on se verrait obligé d'imiter ce mauvais type sur les 6,000 kilomètres restant à établir dans la colonie !

M. Auguste Moreau espère bien qu'on ne fera pas cela, d'autant plus que les communications transversales entre compagnies seront à peu près nulles, comme le dit très bien M. Fousset, et que le mouvement commercial ou militaire aura toujours lieu perpendiculairement à la mer, du littoral vers l'intérieur. Mais, même cela présentât-il cet inconvénient, ne vaudrait-il pas mieux laisser isolée et seule victime de sa propre faute la compagnie spéciale qui l'a commise que d'en affliger toutes les autres et de répandre ainsi à profusion l'erreur sur 6,000 nouveaux kilomètres pour la seule commodité et la plus grande satisfaction d'une seule petite compagnie ?

M. Lesueur. — Je ne m'attendais pas à prendre part à cette discussion, car je n'avais pas lu le mémoire de M. Fousset. C'est seulement au début de la séance que j'ai pu le parcourir rapidement. Un examen aussi bref ne me permettra pas de discuter dans ses détails ce mémoire remarquablement fait mais il m'obligera cependant à formuler certaines observations.

Dès les premières pages, il est dit, qu'en Algérie les représentants de l'armée ont manifesté leurs préférences pour la voie étroite. Je crois pouvoir affirmer le contraire, car il est à ma connaissance que le général commandant la province d'Alger, le général commandant la province de Constantine et je crois aussi le général commandant la province d'Oran ont, dans des rapports fortement motivés, déclaré que la continuation à la largeur normale des grandes lignes stratégiques était de la plus haute importance au point de vue des opérations militaires et au point de vue par conséquent du maintien de la sécurité dans le pays. Ajoutant d'ailleurs

que sur ces lignes ils n'accepteraient une diminution de largeur que contraints et forcés et en raison de ce qu'il vaut encore mieux subir les inconvénients du passage de la voie large à la voie étroite que de ne pas avoir de chemin de fer du tout.

Voici une première opinion très nette.

Mais en outre des raisons militaires il y a, dans un autre ordre d'idées, à tenir le plus grand compte des opinions énergiquement manifestées par les populations, par les Chambres de commerce et par les corps élus des trois provinces, c'est-à-dire par les gens les plus intéressés dans la question et auxquels on ne peut pas contester la connaissance des choses de leur pays. Leur opinion unanime, constamment réflétée par la presse dans laquelle cette question des chemins de fer a été sérieusement traitée c'est que le réseau d'Algérie-Tunisie existant déjà à la voie normale sur 1,300 kilomètres et devant, d'après la loi de classement, se faire également à la voie normale sur 1,000 autres kilomètres alors que la ligne à voie étroite d'Arzew-Saïda-Mecheria n'a en tout que 350 kilomètres, ce n'est vraiment plus le cas de subordonner le grand et important réseau au type d'une ligne absolument secondaire qui ne se relie même pas par rails à ce réseau.

Là-dessus les représentants des populations et du commerce tout comme les représentants de l'armée disent :

En Algérie plus qu'ailleurs l'unité de voie a des avantages énormes et puisqu'on a commencé à construire à la voie normale il faut, pour les grandes lignes, chaque fois que la construction et l'exploitation n'en coûteront pas *par trop cher* faire pour conserver la voie normale des sacrifices qui seront largement compensés.

Sur les lignes secondaires comme sur celles où un relief du sol très accentué rend la voie normale trop chère, mais sur celles-là seulement on peut alors faire et faire très résolument de la voie étroite.

Pour donner un corps à la discussion, pour permettre de voir nettement les dangers qu'entraînerait un étranglement brusque de la voie sur certaines grandes lignes, je vous demanderai la permission de citer comme exemple une de ces lignes au sujet de laquelle cette question a été très étudiée et qui correspond assez bien à l'ensemble de la partie du réseau restant à exécuter.

C'est la ligne de pénétration de la province de Constantine qui part de la mer à Philippeville passe à Constantine et est exploitée aujourd'hui jusqu'à Batna.

De Batna à Biskra elle est concédée à la compagnie de l'Est-Algérien comme faisant partie de son réseau, c'est-à-dire que la voie normale viendra jusqu'à Biskra. En dépassant Biskra pour aller vers le Sud, on doit construire la ligne de Biskra à Tuggurt et Ouargla.

La concession de la ligne de Biskra-Tuggurt avec prolongement éventuel sur Ouargla est demandée en ce moment par deux compagnies également bien placées et également solvables. Mais l'une propose de construire à la voie normale et l'autre à la voie de un mètre.

Les études faites sur le terrain par les ingénieurs de cette dernière compagnie concluent à une dépense totale de 19 millions pour les 210 kilomètres qui séparent Biskra de Tuggurt. Cette somme comprenant la totalité du matériel fixe et roulant et comportant une voie en rails d'acier de 20 kilog. reposant sur des traverses métalliques.

Les prix alloués tant pour les terrassements que pour la fourniture de la partie métallique sont très avantageux et permettent de tenir les engagements dans de fort bonnes conditions.

En suivant le même tracé, en prenant les conditions de cette même étude ainsi que ses prix élevés, en construisant la voie avec l'écartement normal et avec des rails d'acier de 27 kilog. au lieu de 20 kilog. posés sur des traverses métalliques renforcées, en tenant compte de toutes les autres modifications on arrive à une augmentation de dépense de fr. — 2,000,000. — (Chiffres vérifiés par l'ingénieur en chef du Contrôle.)

C'est-à-dire que, dans ce cas précis, le kilomètre à la voie étroite coûtant fr. 90,000; le kilomètre à la voie large coûtera 100,000 fr. soit seulement un neuvième en plus.

Admettons maintenant que, voulant sacrifier à une économie apparente, on croie devoir adopter la voie étroite entre Biskra, Tuggurt et Ouargla puis voyons ce qui en résultera.

Tout d'abord des difficultés de service, un transbordement forcé dans la gare de Biskra avec les frais, les retards et surtout avec les avaries qu'entraîne une semblable opération sous le soleil de ce pays là, alors que les marchandises qui alimentent le courant commercial du Sud sont les sucres, cafés, bougies, huiles, savons, droguerie, tissus, farines, dattes et liquides. Cependant cette difficulté-là on pourrait encore l'accepter.

Mais au point de vue du personnel, quand on aura mis des agents dans les stations du parcours, quand on aura mis des mécaniciens et des conducteurs dans les trains, si on est obligé de les laisser à leur poste pendant tout l'été ils ne pourront jamais résister aux effets d'un climat absolument excessif, l'anémie les enlèvera.

Pour conserver au personnel sa santé il est indispensable de pouvoir établir un roulement entre les agents de la partie Sud et ceux de la partie Nord du réseau et pour cela il faut que le réseau comprenne les stations du littoral ou les agents affaiblis par l'anémie viendront se refaire.

En outre il faudra un service du matériel à Biskra, des ateliers de réparation, des ouvriers d'art. Et se figure-t-on des hommes à la forge, au four à réchauffer ou au pilon travaillant dans la température torride d'un milieu où pendant des mois entiers le thermomètre marque jour et nuit plus de 40 degrés. Aucun n'y résisterait car il est d'expérience que tout Européen, obligé de se livrer à un travail musculaire continu sous un pareil climat, est par cela même condamné à mort.

Il en est tout autrement si les ateliers sont à Constantine ou sur le littoral dont le climat est tempéré.

En parlant tout à l'heure des transbordements commerciaux je disais

que malgré leurs inconvénients on pouvait encore les accepter. Mais je ne puis en dire autant pour les transbordements militaires. Dans le cas, et c'est un cas assez fréquent ou une colonne a besoin d'être rapidement portée dans le Sud, si à l'arrivée à Biskra il faut descendre des plates-formes les canons et les caissons, sortir des wagons les chevaux de l'artillerie et de la cavalerie, mettre à terre munitions et approvisionnements pour recharger ensuite le tout sur des wagons de la voie étroite qu'on n'aura pas toujours sous la main en nombre suffisant il en résultera des pertes de temps, un désordre et des avaries qui paralyseront et au delà les avantages du chemin de fer. Sur ce point les officiers sont unanimes.

Parmi les ingénieurs beaucoup pensent de même et l'un d'eux, qui était l'année dernière sous-secrétaire d'État aux Travaux publics, me racontait il y a peu de jours qu'en 1871, alors qu'il commandait un régiment à Conlie, ayant eu à passer du réseau de l'Ouest sur une des lignes régionales à voie étroite qui viennent s'y souder, ses hommes avaient commencé à s'embarquer à 4 heures du matin, avaient employé la journée entière à cet embarquement et le terminaient à peine à neuf heures du soir.

Enfin il faut admettre qu'à un moment donné dans ces régions du Sud un parti de cavalerie — et vous savez que les Arabes sont des cavaliers avec lesquels il faut compter — qu'un parti de cette cavalerie agissant seul ou dirigé par des officiers d'une puissance européenne hostile, vienne couper la voie de Tuggurt et arrive, par un hardi coup de main, à brûler le dépot et les ateliers de Biskra. Comment fera-t-on à partir de ce moment pour réparer la coupure et pour porter secours aux garnisons de Tuggurt et de Ouargla. Il faudra attendre qu'on ait exécuté en France puis apporté à Biskra, en admettant que la mer soit libre tout un nouveau matériel à la voie d'un mètre. Et pendant ce temps que deviendront les postes de l'extrême Sud.

Tandis que si la voie n'a qu'une seule et même largeur, les locomotives, les wagons et les troupes partant de Constantine, la place d'armes de la province pourront, 15 heures après le passage de l'ennemi, réparer les coupures et assurer le service jusqu'à l'extrémité de la ligne.

Quand on a à établir un réseau de voies ferrées dans un pays neuf, il faut l'établir avec le moins de dépense possible c'est incontestable. Mais pour les grandes lignes, c'est moins sur la largeur de la voie que la simplification doit porter, que sur les conditions compliquées, onéreuses, et le plus souvent excessives que le cahier des charges type-français impose aux compagnies. Ainsi la ligne dont nous parlons aura un trafic assez sérieux; mais comme sa plus forte rampe est de 7 millimètres, il semble possible d'assurer parfaitement le service au début avec un seul train, qui, partant par exemple de Biskra le lundi matin pour arriver dans la journée à Tuggurt, reviendrait de Tuggurt à Biskra le mardi, retournerait à Tuggurt le mercredi et ainsi de suite. Il ne risquerait pas d'en tamponner un autre celui-là ! Il n'exigerait pas un grand luxe de commissaires de surveillance !

Oui, ces lignes auront un trafic. Celui du ravitaillement des troupes leur est assuré et c'est déjà une ressource, car, entre Constantine et Tébessa seulement l'intendance paye pour plus de 300,000 francs par mois de transports. En outre, Biskra étant ville d'entrepôt franc où les marchandises de tous les pays arrivent libres de droits de douane et Tuggurt comme Ouargla, devant être dotées du même privilège à mesure que la voie ferrée les atteindra. C'est là que les caravanes du Soudan viendront de plus en plus s'approvisionner de produits européens.

Certes, dans un nombre d'années qu'on ne peut préciser, mais qui ne sera pas très grand, ces lignes du Sud feront leurs frais. Mais ce n'est pas cette raison seule qui doit influer sur la décision. Pour juger juste, il faut se placer à un point de vue autrement élevé et se dire :

L'Algérie, prolongement de la France de l'autre côté de la Méditerranée est un magnifique pays, fertile, productif dont le commerce d'échange avec la France a été, l'an dernier, de 500 millions. Depuis qu'on y fait des ports et des voies de communication il marche dans la voie de l'accroissement de richesse avec une rapidité qui frappe tous ceux qui viennent le visiter. Eh bien, ce qu'il faut lui assurer *avant tout*, et quoi qu'il en coûte, c'est la sécurité absolue. Ce qu'il faut, c'est que les trois lignes Nord-Sud qui traversent en leur centre les provinces de Constantine, d'Alger et d'Oran. Ces trois lignes éminemment statégiques aient, *chacune* dans tout son parcours, une seule et unique largeur de voie. Dussent-elles avoir un trafic nul qu'il faudrait encore les construire dans les meilleures conditions de parcours parce qu'elles rendront impossibles les insurrections et que des insurrections terribles comme celle de 1871, comme celle d'El-Amri, comme celle de l'Aurès, comme celle que maintient encore Bou-Amema dans le Sud d'Oran; par les désastres qu'elles causent, par les dépenses des colonnes tenues en campagne pendant des années entières coûtent autrement cher que la garantie d'intérêts à payer pour des insuffisances de trafic qui prendront fin plus rapidement qu'on ne pense.

Pour conclure, Messieurs, je dois répéter que sur les lignes principalement agricoles à faire pénétrer dans les parties du pays où le relief du sol est accentué; l'opinion algérienne accepte très bien la petite voie vraiment économique comme l'est, par exemple, celle de 75 centimètres. Mais que pour le réseau stratégique dont toute la partie difficile est déjà faite à la voie normale l'*unité de voie s'impose* et qu'il n'y a pas à la marchander.

M. Rey désire attirer l'attention sur quelques points particuliers du mémoire de M. Fousset :

1° *Situation de l'État vis-à-vis d'une ligne à voie large ou à voie étroite.*

M. Fousset cite dans son mémoire, page 307, l'exemple de la ligne de Guelma au Kroubs qui fait une recette brute kilométrique de 3,500 francs

environ et pour laquelle l'État est obligé de verser une somme annuelle de 20,200 francs comme conséquence des garanties données sur le capital de construction, et sur un maximum de frais d'exploitation.

L'auteur établit aussi que la garantie de l'État ne cessera de fonctionner que lorsque la recette aura atteint le chiffre de 33 à 34,000 francs, résultat qui ne sera obtenu que dans un avenir très lointain, si même on y arrive jamais.

L'État se trouve donc dans cette situation particulière d'avoir à subventionner pendant toute la durée de la concession, qui peut être de quatre-vingt-dix-neuf ans, une ligne à voie large; tandis qu'avec un petit nombre de ces annuités, il aurait pu reconstruire une ligne à voie étroite qui serait plus que suffisante pour un trafic bien supérieur à celui qu'on peut raisonnablement attendre, et dont les frais d'exploitation auraient été couverts dès la première année par la recette brute.

Toute augmentation ultérieure du trafic aurait servi à rémunérer le capital de premier établissement, tandis qu'avec la grande voie les sacrifices demandés à l'État sont énormes et leur durée est illimitée.

2° *Différence de largeur d'emprise dans les deux cas de voie large et de voie étroite.*

M. Fousset dit, page 320 de son mémoire : « Toutes proportions gar-
« dées, et dans les mêmes conditions de stabilité, la largeur des terras-
« sements en couronne sera toujours plus faible, *au moins d'un mètre*,
« pour la voie étroite (de 1 mètre à 1m,10) que pour la voie large. »

Cette réduction de largeur n'est pas réalisable, si l'on se conforme aux prescriptions du cahier des charges type pour les chemins de fer d'intérêt local; ce document indique, en effet (article 7), pour la cote des terrassements en couronne, une largeur égale à celle du matériel roulant déterminée dans le même article, augmentée de deux fois 0m,900, et cela quelle que soit la largeur de la voie adoptée. Il résulte de ces prescriptions que la largeur en couronne sera, pour les terrassements correspondant à la voie large, de 4m,900; tandis qu'elle sera réduite à 4m,600 seulement pour la voie de 1 mètre. La différence est donc de 0m,300 et non pas de 1 mètre au minimum, comme l'indique notre collègue.

Pour deux lignes ayant même tracé et même profil, mais dont l'une serait à voie large et l'autre à voie étroite, l'économie de terrassement serait donc représentée par le cube d'un prisme dont la section transversale aurait 0m,30 de largeur et une hauteur égale à la hauteur du déblai moyen.

Mais si l'on tient compte qu'avec la voie étroite on pourra suivre de plus près le relief naturel du terrain, les économies sur l'emprise et sur les terrassements seront sensiblement augmentées et pourront facilement atteindre 1 mètre pour la première et 50 pour 100 pour la seconde.

En effet, en tenant compte de la différence de $0^m,300$ sur la largeur en couronne, un calcul très simple démontre que pour avoir une largeur d'emprise moins large de 1 mètre pour la voie étroite que pour la voie normale, il suffit que la hauteur du terrassement moyen dans les deux cas soit différente de $0^m,350$ pour une section en déblai, en admettant la même largeur de fossé pour les deux lignes.

En prenant pour exemple une ligne à voie de 1 mètre nécessitant un mouvement de terre moyen de 3 mètres cubes par mètre courant, la hauteur moyenne, correspondant au déblai, sera de $0^m,45$, en admettant $4^m,60 + 2 \times 0^m,75 = 6^m,10$ pour largeur à la base, et des talus à 45 degrés.

Si nous ajoutons à cette hauteur de $0^m,45$ celle de $0^m,35$ qui correspond à une largeur d'emprise supérieure de 1 mètre à celle nécessaire pour la voie étroite, afin de permettre l'établissement de la voie large, on arrive, pour cette dernière, à un cube de déblai moyen de $5^{mc},760$, soit sensiblement le double du cube de 3 mètres cubes, pris pour point de comparaison pour la voie étroite.

Or, un mouvement de terre de $5^{mc},50$ à 6 mètres cubes par mètre courant pour une ligne à grande voie est loin d'être exagéré, même pour une ligne de facile exécution.

3° *Avantages particuliers de la voie de* $1^m,10$.

M. Fousset indique, page 345 de son mémoire, comme un avantage particulier à la voie de $1^m,100$ (ou plus exactement, comme l'a fait remarquer M. Moreau, de $1^m,055$), la possibilité de donner aux voitures à voyageurs une largeur intérieure de $2^m,260$; ce qui permet de placer cinq voyageurs par banquette en donnant à chacun d'eux un espace de $0^m,452$, supérieur à celui imposé comme minimum par l'ordonnance de 1846.

Cette largeur intérieure de $2^m,260$ peut aussi bien être obtenue avec la voie de 1 mètre, et c'est justement celle que nous avons adoptée pour le matériel des chemins de fer du Cambrésis.

En ce qui concerne les wagons, leur largeur intérieure devrait être de $2^m,100$ au minimum pour pouvoir placer quatre chevaux de front, en laissant à chacun d'eux l'espace indiqué par les règlements militaires; or, il n'y a aucun inconvénient à donner cette largeur au matériel circulant sur la voie de 1 mètre. Il a été construit, en France, un grand nombre de wagons destinés aux chemins de fer du Brésil (voie de 1 mètre) qui ont cette largeur intérieure de $2^m,100$. La même cote a été également adoptée pour un certain nombre de wagons du chemin de fer de l'île de la Réunion.

Quant à la longueur des wagons, elle dépend de l'écartement des essieux et par conséquent du rayon des courbes bien plus encore que de la largeur de la voie, surtout entre les limites de $1^m,055$ et 1 mètre. Telle ligne ayant la première de ces deux largeurs, mais avec des courbes d'un rayon très

réduit, ne permettra pas le passage facile de longs wagons qui circuleraient sans inconvénients sur une ligne à voie de 1 mètre ne comprenant que des courbes de grand rayon.

4° *Rapport du poids mort au poids utile.*

En ce qui concerne le poids mort, il nous suffira de faire le rapprochement suivant entre le matériel à voie de $1^m,100$ (ou plutôt $1^m,055$) du chemin de fer d'Arzew à Saïda avec celui du chemin de fer du Cambrésis :

DÉSIGNATION DU MATÉRIEL.		POIDS MORT ou tare.	POIDS UTILE ou chargement.	RAPPORT.	
ARZEW-SAÏDA (Voie de $1^m,055$).	Wagons	2.300 à 3.300	5000k	0,46	Moyenne 0,56
			5000	0,66	
CAMBRÉSIS (Voie de $1^m,000$)	Wagons couverts	3.800	6000	0,63	Moyenne 0,56
	Wagons hauts-bords	3.410	6000	0,57	
	Wagons plates-formes	2.825	6000	0,47	
ARZEW-SAÏDA. — Voitures, 40 places.		4.500	40×75=3000	1,50	
CAMBRÉSIS. — Voitures, 30 places		3.900	30×75=2250	1,73	

La différence d'utilisation pour les voitures tient à ce qu'au chemin de fer d'Arzew à Saïda, on a pu mettre quatre compartiments, eu égard au grand rayon des courbes; tandis qu'au Cambrésis, on a dû limiter ce nombre à trois pour pouvoir passer dans les courbes imposées de 75 mètres de rayon.

Tous les véhicules du Cambrésis sont, en outre, munis d'un frein à vide à quatre sabots; nous ignorons si ceux d'Arzew-Saïda, dont les poids sont indiqués dans le mémoire de M. Fousset, sont à frein ou sans frein.

Enfin, tous les wagons du Cambrésis sont constitués pour supporter un chargement de 8 tonnes si le volume de la caisse le permet.

M. Périssé demande à présenter une observation qui ne se relie pas directement au mémoire de M. Fousset, mais lui est suggérée par ce que disait précédemment M. Pontzen sur l'utilisation du matériel en temps de guerre. L'emploi des freins continus de système différent sur chaque compagnie ne créera-t-il pas de grandes difficultés en temps de guerre? A ce point de vu il est intéressant de signaler l'utilité qu'il y aurait à ce que les compagnies unifiassent leurs appareils de freins continus.

M. le Président propose de clore la discussion du mémoire de M. Fousset

sur les chemins de fer de l'Algérie. Lorsque de nouveaux renseignements nous auront été fournis sur les chemins économiques construits et exploités en France, nous pourrons reprendre, à un point de vue plus général, la comparaison de la voie large et de la voie étroite.

MM. Boudenoot, Clark, Germot, Mesnier, Pesce, Webb, de Leyn, Roger et Zens ont été reçus membres sociétaires et M. Latteux Bazin membre associé.

La séance est levée à onze heures.

LES

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

ÉTUDE CRITIQUE

DU CAHIER DES CHARGES

PAR M. AUGUSTE MOREAU.

INTRODUCTION

L'origine du document officiel, qu'on nomme le *cahier des charges*, remonte aux conventions de 1857, 1859 et 1863.

A cette époque, les six grandes Compagnies actuelles étaient déjà formées par suite des fusions survenues entre les différents tronçons concédés depuis l'origine des chemins de fer en France, c'est-à-dire depuis la ligne à traction de chevaux de Lyon à Saint-Étienne qui date de 1823. Au total, il y avait, à la fin de 1857, environ 15,000 kilomètres concédés et plus de la moitié en exploitation.

A la suite de la crise financière de 1857, les Compagnies virent déprécier leurs titres et se trouvèrent dans un cruel embarras. C'est alors que l'État vint à leur aide sous la forme de la garantie d'un intérêt de 4 pour 100 non compris l'amortissement au même taux, soit 0,655 pour 100, des sommes nécessaires à la construction du 2e *réseau*, un revenu normal réservé étant attribué à l'*ancien réseau*. Ce fut l'objet de la convention du 11 juin 1859 qui fixa 8,500 kilomètres dans le 2e réseau sur les 16,439 concédés à cette époque.

Quelques modifications furent apportées à ces conventions par les

lois du 1er mai et du 11 juin 1863 qui, sur 20,629 kilomètres, en classèrent 11,111 dans le 2e réseau à intérêt garanti. Remarquons à ce sujet que la ligne d'Orléans, par exception, avait été dotée du privilège de la garantie d'intérêt dès 1840.

L'ensemble des règles constituant le cahier des charges des chemins de fer d'intérêt général, fut adopté, comme nous l'avons dit plus haut, dans les conventions de 1857, 1859 et 1863. Ce document n'éprouve certaines modifications que lorsqu'une partie des travaux, généralement l'infrastructure, a été exécutée par l'État, comme cela s'est présenté pour les premières lignes construites, qui ont été établies suivant les prescriptions des lois des 11 juin 1842, 15 et 17 juillet 1845; le fait s'est présenté de nouveau dans ces dernières années, a tendu à se propager de plus en plus jusqu'au moment où l'État, par l'entremise du ministère Freycinet, absorba complètement la construction des futures lignes d'intérêt général à la suite des fameux classements de 1879.

Le premier cahier des charges annexé à la loi du 11 juin 1859 a été modifié dans quelques-unes de ses dispositions par les lois et décrets des 11 juin et 25 août 1863 approuvant les conventions relatives à l'établissement de plusieurs nouvelles lignes et à leur annexion aux réseaux déjà concédés; les modifications furent assez favorables au public, surtout celle qui consiste dans la création d'une 4e classe de marchandises, tarifée à un prix très réduit.

Nous nous arrêterons là dans les considérations relatives à ce document, qui va servir de base à l'étude que nous nous proposons de faire aujourd'hui. Le cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local n'en est, en effet le plus souvent, qu'une copie intégrale et, lorsque l'exception se présente, c'est contrairement à toute attente, pour surcharger et rendre encore plus sévère pour les petites lignes cet ancien règlement qui n'est cependant jamais observé rigoureusement par les grandes.

Terminons en rappelant que l'administration, armée de son cahier des charges, n'est pas absolument maîtresse d'en interpréter elle-même les clauses selon sa fantaisie, comme le croient fréquemment les agents de tous grades au service de l'État. La Cour de cassation, dans un arrêt rendu le 5 février 1861, l'a nettement formulé de la manière suivante :

« Le cahier des charges annexé à la loi de concession d'un chemin

« de fer participe au caractère de la loi même à laquelle il accède et « se rattache. Il en est partie intégrante et, conséquemment, les con- « testations d'intérêt privé qui s'élèvent sur l'exécution de ce cahier « des charges sont exclusivement de la compétence des tribunaux ; il « ne peut être considéré comme un simple acte d'administration dont « la connaissance appartiendrait à l'autorité administrative. »

Ce recours à l'autorité judiciaire s'arrête néanmoins devant la question, bien importante cependant, de l'homologation des tarifs que la loi réserve toujours à l'administration ; un arrêt du conseil d'État du 3 janvier 1851 ne laisse absolument aucun doute à cet égard.

Les tribunaux auxquels on s'adresse en pareil cas sont le Conseil de Préfecture (de la Seine pour les lignes d'intérêt général), sauf recours au conseil d'État. Le cahier des charges lui-même l'indique dans un de ses derniers articles.

Cela posé, on se rappelle que la loi du 11 juin 1880 établit une distinction entre les chemins de fer ordinaires et ceux qui empruntent le sol des routes ou tramways. Aussi ne sera-t-on pas étonné de voir la même division dans le cahier des charges spéciaux. Celui des tramways est en outre accompagné de deux règlements d'administration publique parus le 18 mai et le 6 août 1881.

Un troisième règlement de ce genre, relatif aux deux catégories de lignes et relatif aux subventions, a paru le 20 mars 1882, c'est-à-dire près de deux ans après la promulgation de la loi.

Nous n'étudierons aujourd'hui que le premier de ces documents consacré aux chemins de fer seuls, c'est-à-dire aux voies ferrées construites à travers champs et n'empruntant qu'accidentellement le sol des routes.

TITRE PREMIER

Tracé et Construction

Dès l'article 2, nous voyons des modifications utiles à introduire. Il y est dit, en effet, que les travaux devront commencer dans un délai à fixer à partir de la *déclaration d'utilité publique.*

Or, comme d'après l'article 3 de la loi du 11 juin 1880 et du cahier des charges lui-même, les projets d'exécution doivent recevoir, non seulement l'approbation de l'ingénieur en chef du département et du conseil général, mais celle du ministre et du conseil général des ponts et chaussées, et que chacun connaît la lenteur proverbiale de ces différents rouages administratifs; nous serions d'avis de mettre que la concession commencera à courir de la date de *l'approbation des projets.* De même la période de construction n'étant qu'une période préparatoire, la véritable date d'origine de la concession devrait être, d'après le même ordre d'idées, *l'ouverture à l'exploitation de la ligne entière.*

Quant à cette dernière, dont la date reste à fixer, nous tenons à mettre les concessionnaires en garde contre une difficulté qui se présente assez fréquemment, c'est la résistance de quelques propriétaires à livrer leurs terrains. On fera donc bien de faire partir le délai dans lequel la ligne sera ouverte à l'exploitation, du moment où tous les terrains nécessaires à l'établissement de la voie et de ses dépendances auront été livrés. On peut toujours commencer les travaux sans cela, mais on peut être arrêté fort longtemps par un récalcitrant qui vous fait perdre un temps considérable en formalités pour vous livrer un morceau de terre qu'il ne peut au fond vous refuser, puisqu'on marche au nom de l'utilité publique. On ne peut donc faire courir le délai de l'ouverture à l'exploitation du même jour que celui du commencement des travaux, mais de la date *de la livraison complète et définitive des terrains.*

L'article 3 est celui auquel nous venons de faire allusion et qui, complétant le § 2 de l'article 3 de la loi, exige que les projets d'exécution et de détails des ouvrages soient remis au préfet au plus tard dans les six mois qui suivent la loi d'utilité publique et approuvés, pour les projets d'ensemble, par le conseil général du département, pour les projets de détail, par le préfet.

C'est l'ingénieur en chef des ponts et chaussées du département que l'on consulte pour ces deux premiers points; pour les projets affectant les cours d'eau et les chemins dépendant de la grande voirie, l'approbation est donnée par le ministre, c'est-à-dire par le conseil général des ponts et chaussées.

En outre, l'ensemble du projet peut être modifié en bloc ou dans ses détails par le ministre dans un délai de deux mois (§ 2, art. 3 de la loi).

En somme, le contrôle dans le département est fait nominativement par le conseil général et par le préfet, mais en réalité par l'ingénieur en chef du département, comme le prescrit le § 3 du présent article 3. Auparavant, on pouvait consulter l'agent voyer, maintenant ce sera impossible. De plus, quoique la question soit dite *d'intérêt local*, elle est présentée tout entière au ministre, c'est-à-dire, comme nous le remarquions précédemment, au conseil général des ponts et chaussées. La décentralisation est donc nulle et le corps des ponts et chaussées tout puissant en la matière; les modifications apportées au premier abord à la rédaction du cahier des charges des lignes d'intérêt général sont habilement annulées par les restrictions sus-énoncées.

Cet article 3 se termine par la faculté donnée au concessionnaire de proposer, en cours d'exécution, telles modifications qu'il jugera convenables pour améliorer les projets, sous réserve de l'approbation de *l'autorité compétente*: nous venons d'expliquer en quoi consiste cette autorité compétente; nous verrons si dans l'avenir elle a des idées un peu plus larges que par le passé.

Une clause assez intéressante et qui n'est que la reproduction de l'article 4 du cahier des charges de 1859, précise que le concessionnaire pourra copier, sans les sortir de la préfecture, tous les plans, nivellements et devis exécutés antérieurement aux *frais du departement*.

Mais remarquons que, si chacun peut copier les travaux exécutés aux frais de l'administration, personne n'a le droit de copier ceux qu'un demandeur en concession antérieur aurait dressés et déposés, s'il en

a supporté la dépense, même partielle. Nous signalons ce point, parce qu'il se rencontre des gens assez peu scrupuleux pour employer de semblables procédés ; profitant de l'ignorance ou de la faiblesse des agents de l'administration, ils se font communiquer les plans et devis de leurs prédécesseurs, changent quelques chiffres et présentent le projet comme leur, avec un certain rabais. Une semblable conduite ne saurait être trop stigmatisée et nous engageons vivement nos collègues, qui déposent un projet dans un département, à rappeler au préfet, qui souvent l'ignore, qu'en dehors des agents administratifs, la loi défend absolument à qui que ce soit de prendre copie des plans et surtout d'étudier les devis.

Article 5. Celui-ci énumère les pièces nécessaires à l'obtention d'une concession ; c'est la reproduction de l'article 5 de l'ancien cahier des charges, sauf l'addition au dossier du tracé indiqué en rouge sur la carte d'état-major au $\frac{1}{80.000}$, adjonction qui d'ailleurs avait été consacrée elle-même par l'usage. Il est bon d'examiner ces pièces pour éclairer bien des personnes qui croient pouvoir obtenir une concession avec des dossiers tout à fait incomplets. Ce sont comme à l'origine en plus de la carte précédente.

2° Un plan général à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$.

C'est le résultat de l'assemblage des plans cadastraux d'ensemble de toutes les communes traversées ; les plans de sections sont à des échelles non toujours les mêmes quoique variant peu : c'est le plus souvent le $\frac{1}{2.500}$, quelquefois le double $\frac{1}{1.250}$, selon que la propriété est plus ou moins divisée et que le nombre des parcelles est plus ou moins considérable ; mais le plan d'ensemble du territoire de chaque commune en France est toujours à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$. On n'a donc qu'à les calquer grâce à l'autorisation préfectorale dont on est muni et leur assemblage constitue un plan général sur lequel on rapporte la ligne en rouge avec les rayons des courbes, l'indication du kilométrage, l'emplacement des gares et stations et des travaux d'art.

3° Un profil en long à l'échelle $\frac{1}{5.000}$ pour les largeurs, et de $\frac{1}{1.000}$ pour les hauteurs, dont les cotes seront rapportées au niveau de la

mer, pris pour plan de comparaison. Au-dessous de ce profil, on indiquera, au moyen de trois lignes horizontales disposées à cet effet, savoir :

Les distances kilométriques du chemin de fer comptées à partir de son origine.

La longueur et l'inclinaison de chaque pente ou rampe.

La longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé en faisant connaître le rayon correspondant à chacune de ces dernières.

Le plus souvent on prend l'échelle des hauteurs dix fois celle des longueurs, soit $\frac{1}{500}$. Ce document s'établit au moyen de nivellements exécutés sur le terrain et la cote au-dessus du niveau de la mer est facile à obtenir en France, grâce aux plaques déposées un peu partout par Bourdaloue, dans son nivellement général de la France.

Il est bon cependant de se vérifier sur plusieurs de ces plaques et en général sur toutes celles que l'on rencontre, non seulement pour être certain d'avoir opéré exactement soi-même, mais pour contrôler le nivellement officiel qui présente assez souvent de graves erreurs. Nous avons trouvé un jour sur un repère, une différence de 80 mètres avec la cote indiquée et à chaque instant on trouve des écarts de 5 à 10 centimètres. Heureusement ces irrégularités sont généralement locales et ne se reportent pas d'un repère sur un autre.

Il est bien entendu qu'avant de se servir du plan cadastral comme pièce du dossier de demande en concession, il faut le mettre en harmonie avec l'état actuel du terrain dont il s'éloigne considérablement dans la plupart des cas.

Le cadastre, en effet, a été commencé en 1812 et la plus grande partie en a été exécutée de 1812 à 1825. Certaines communes ne l'ont pas modifié depuis cette époque ; il en résulte que beaucoup d'additions doivent y être apportées pour le mettre au niveau actuel. Ainsi, rien ne peut exprimer la surprise que nous avons éprouvée en faisant, près d'Abbeville, les études d'une grande ligne de chemin de fer : le cadastre indiquait encore la rivière de Somme, alors que le terrain n'en montrait nulle trace ; or, on sait que depuis longtemps elle n'existe plus dans son ancien lit et qu'elle a été canalisée pour se diriger en ligne droite sur Saint-Valéry !

Dans ces dernières années, cependant, on a commencé dans bon

nombre de communes la rectification du plan cadastral et, si cet exemple est suivi, nous aurons sous peu des plans suffisants pour servir de canevas au tracé d'ensemble des lignes à étudier. Il en résultera une assez grande économie dans les frais d'avant-projet.

4° Un certain nombre de profils en travers à l'échelle de $0^m,005$ pour mètre et le profil type de la voie à l'échelle de $0^m,02$ pour mètre.

On a maintenu ici les indications portées à l'ancien cahier des charges quoique la pratique les aient un peu modifiées. En effet, dans le projet définitif, ce n'est pas un certain nombre de profils, mais tous les profils en travers qui doivent être dressés pour permettre d'établir un métré de terrassement et un mouvement de terre suffisamment rigoureux. Dans l'avant-projet, au contraire, on ne fait la cubature des terrassements qu'approximativement au moyen de certaines méthodes basées exclusivement sur les cotes du profil en long. On n'en finirait pas si l'on voulait faire le métré sur les profils en travers par la méthode ordinaire et, de plus, on n'aurait pas de résultat plus exact, car ces profils n'ayant pas été nivelés individuellement, il faudrait les prendre par à peu près sur les cotes voisines de l'axe du plan coté. On ne fournira donc dans l'avant-projet que les différents profils types que peut présenter la ligne.

5° Enfin un mémoire dans lequel seront justifiées toutes les dispositions essentielles du projet et un devis descriptif dans lequel seront reproduites, sous forme de tableaux, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà dressées sur le profil en long.

En réalité, dans la pratique, on fournit un *mémoire descriptif* dans lequel on insère l'exposé général et tout ce qui est relatif aux courbes, pentes, ouvrages d'art, etc.; puis un *devis estimatif* qui ne s'occupe exclusivement que des questions de dépenses. Cela est beaucoup plus rationnel et l'usage a tellement sanctionné cette coutume, que nous ne comprenons pas la rédaction actuelle, copie textuelle de l'ancien texte.

Article 6. — Cet article entre franchement dans le vrai en admettant l'installation d'une seule voie, sauf, bien entendu, les cas d'évitements, et, en effet, jamais, dans le présent ni dans l'avenir, ces lignes minuscules n'auront besoin d'une seconde voie.

Mais, comme on voit que cette concession n'est faite qu'à regret! Immédiatement on s'est empressé de charger la fin de l'article de considérations permettant d'exiger plus tard la pose de la seconde voie.

D'abord il faudra s'exécuter quand cela plaira à l'État sous peine de séquestre, etc.; seulement, l'État payera; on ne fera en somme qu'une maladresse payée par les bons contribuables et non par la Compagnie.

Mais le concessionnaire peut être obligé lui-même de commettre cette naïveté, et cela à ses frais, quand les recettes auront atteint un certain chiffre, et le document cite comme bon la recette de 35,000 francs pendant un an !

Consolons-nous; cette éventualité n'est pas à redouter sur les chemins de fer secondaires, les seuls qui nous occupent en ce moment !

Les lignes auxquelles furent appliquées les lois et décrets des 11 juin et 25 août 1863 devaient faire leurs acquisitions de terrains pour deux voies, tout en laissant au concessionnaire la faculté de ne construire les terrassements et les ouvrages d'art que pour une voie.

L'administration n'avait pas cru devoir se baser exclusivement sur les recettes pour exiger la pose de la seconde voie, comme cela s'était pratiqué sur d'anciennes lignes quand ce trafic s'était élevé à 18,000 francs, 25,000 francs et jusqu'à 35,000 francs le kilomètre. L'argumentation de l'État consistait à dire que la ligne peut être appelée à transporter des marchandises peu encombrantes avec un tarif élevé et se trouver, par suite, moins chargée que si elle transportait, à prix plus bas, de grandes masses de marchandises de catégorie inférieure.

Pour trancher toutes ces hésitations, nous n'avons qu'une chose à répondre et qu'une remarque à faire aujourd'hui : c'est que le chemin de fer, si souvent cité, du Festiniog, avec sa voie unique et réduite, fait une recette de 33,000 francs par kilomètre !

Nous sommes obligé d'insister un peu sur ce point, car la crainte de l'insuffisance d'une seule voie se manifeste partout dans le document officiel et un conseil général, peu éclairé sur ces questions, pourrait parfaitement imposer une ligne à deux voies, en se basant sur une remarque sous forme de renvoi, qui accompagne l'article 6 et permet de lui substituer la rédaction suivante :

« Les terrains seront acquis, les ouvrages d'art et les terrassements « seront exécutés et les rails seront posés pour deux voies.

« Néanmoins, le concessionnaire pourra être autorisé, à titre provi- « soire, à exécuter les terrassements et à ne poser les rails que pour « une seule voie. »

On voit qu'on retombe absolument dans tous les anciens errements et qu'il serait fort regrettable de faire des travaux ne devant jamais recevoir aucune utilisation.

Nous espérons que les départements ne se rendront jamais coupables d'une pareille erreur. Quant à la pose ultérieure de la seconde voie, elle suscite les deux remarques suivantes :

D'abord, si elle doit être la conséquence du bon plaisir de l'administration, il n'y a rien à objecter, puisque les frais d'établissement sont remboursés. Mais, qui payera les frais supplémentaires d'entretien et d'exploitation ? On n'en parle nulle part dans le cahier des charges et il faut bien supposer cependant que cette deuxième voie n'est pas posée exclusivement pour décorer le paysage, mais pour y faire circuler des trains ! Il ne faut donc pas oublier qu'il y a là des modifications à introduire dans la convention avec le département, surtout quand on a pris l'exploitation à forfait ou d'après une des formules courantes adoptées en pareil cas.

En second lieu l'obligation de s'exécuter, de faire des travaux très importants et des dépenses considérables lorsque la recette aura atteint un chiffre donné, si invraisemblable qu'il puisse être, ne nous paraît pas non plus raisonnée. Il ne suffit pas que la ligne ait produit une bonne recette, fût-ce 35,000 francs, pendant *une année*, pour se lancer à corps perdu dans cette direction coûteuse ; il faudrait au moins attendre l'affirmation de ce succès qui peut résulter pour une année de circonstances exceptionnelles et ne pas persister dans la suite.

En somme, la voie unique même étroite peut parfaitement suffire à des trafics bien supérieurs à 35,000 francs par kilomètre ; mais si l'on s'arrête à ce chiffre pour exiger la dépense supplémentaire très importante de l'installation d'une seconde voie, qu'on attende au moins plusieurs années consécutives et qu'on n'exige cette pose que si la recette précitée se reproduit par exemple pendant cinq ans..

Nous passons maintenant à un article très important, l'article 7, qui règle les dimensions de la voie et du matériel roulant.

Constatons que pour la première fois, dans un document officiel, nous voyons reconnaître la voie étroite et admettre son existence légale ; le cas est assez rare et assez nouveau pour qu'on le remarque. Il faut cependant savoir lire entre les lignes et tout, dans ce cahier des charges, a l'air de dire au concessionnaire : Je vous autorise bien à prendre la voie étroite, mais, si vous voulez être de mes amis et

m'être agréable, choisissez de préférence la voie large ; et par une note au bas de la page les voies à choisir sont indiquées, ce sont : $1^m,44$, 1 mètre et $0^m,75$ entre rails.

On peut regretter de voir imposer trois types à l'exclusion de tous les autres ; nous pensons cependant qu'en dehors de nécessité absolue comme celle de se raccorder avec une ligne déjà construite à voie de $0^m,80$ par exemple, il est plus avantageux de simplifier le nombre des largeurs adoptées. Or, en supprimant la voie normale qui constitue une véritable hérésie dans la construction des chemins de fer d'intérêt local, il nous paraît préférable de réduire les autres modèles à deux : 1 mètre pour le maximum et $0^m,75$ pour le minimum répondant à tous les besoins qui peuvent se présenter. L'industrie ne peut que gagner à cette unification qui entraînera bientôt la fabrication courante de modèles uniformes dans toutes les parties du matériel.

Quant à la voie inférieure à $0^m,75$, elle ne peut être recommandée pour un chemin de fer vraiment digne de ce nom, transportant voyageurs et marchandises, un chemin de fer, en un mot, pouvant prétendre à la déclaration d'utilité publique. On ne peut l'employer que pour les petits chemins de fer de culture destinés, par exemple, au bardage des betteraves dans les champs, au transport du charbon aux abords des puits de mines ou aux lignes de promenades dans les jardins publics. Le seul exemple de chemin de fer ayant une voie de $0^m,60$ et un trafic important est celui du Festiniog, cité plus haut, et l'ingénieur de la ligne, M. James Spooner, lui-même, a plusieurs fois manifesté son regret de n'avoir pas choisi la voie de $0^m,75$ au début ; mais, à l'origine, on était loin de soupçonner le développement que devait prendre par la suite ce petit railway.

La largeur du matériel roulant est bien indiquée conformément aux règles de la pratique. Ainsi elle est fixée à $2^m,80$ pour la voie large et deux fois et demie la largeur de la voie pour la voie réduite, soit $2^m,50$ pour 1 mètre et $1^m,875$ pour $0^m,75$; en ajoutant $0^m,30$ pour toutes saillies, entre autres celles des marchepieds latéraux, les chiffres maximum seront :

Voie large....................	$3^m,10$
Voie de 1 mètre..................	$2^m,80$
Voie de $0^m,75$..................	$2^m,175$

Ce sont, nous le répétons, des maximum que l'on atteint rarement.

Ainsi, en pratique, on emploie journellement les largeurs suivantes :

Pour les voies larges. 2m,95
Pour les voies de 1 mètre 2m,20
Pour les voies de 0m,75. . . . . 1m,70

Dans tous les cas ce sont ces largeurs qui déterminent les dimensions de la plate-forme du ballast, la crête de celui-ci devant rationnellement se trouver à l'aplomb de la saillie extérieure du matériel roulant.

La hauteur maximum de ce matériel, c'est-à-dire la hauteur au capuchon de la cheminée de la locomotive, n'est imposée que pour la voie large et fixée à 4m,20 au maximum ; pour les autres voies, cette dimension évidemment réduite, est laissée au choix du cessionnaire. On a intérêt à la prendre faible afin de diminuer l'importance des ouvrages d'art; il existe néanmoins certaines limites commandées par le besoin de donner à la machine des organes suffisants. On donne généralement comme maximum :

Pour la voie de 1 mètre. 3m,50
Pour la voie de 0m,75. . . . . 3m, »

Dans les grandes lignes la largeur de l'entre-voie est de 2 mètres, ce qui, avec le matériel de largeur maximum de 3m,10, toutes saillies comprises, donne un espace libre entre véhicules de 0m,46. Dans les petites lignes, le § 3 exige que cet espace ait 0m,50 ; nous pensons qu'on aurait pu le réduire encore davantage, à 0m,30 par exemple, les raisons qui exigent cet emplacement n'existant pas du tout dans le cas des petites lignes à circulation presque toujours en navette et n'ayant, par conséquent, jamais de croisements de trains en pleine voie. Dans tous les cas, il n'est pas rationnel de l'avoir augmente.

L'épaisseur du ballast est fixée au minimum à 0m,35. Cette cote est beaucoup trop forte, surtout pour des matériaux aussi chers que le ballast, et cela est d'autant plus regrettable, que l'adoption d'une hauteur moindre aurait, grâce aux réductions correspondantes des talus, entraîné une diminution sensible de la plate-forme et par suite une dépense moins élevée en achats de terrains, terrassements et ouvrages d'art.

Une couche de 0m,25 de ballast aurait largement suffi pour un matériel pesant en charge, au maximum, 5 tonnes par essieu et avec un rail

de 15 kilos, dont la hauteur n'excédera pas $0^m,08$. En comptant une traverse de $0^m,10$ d'épaisseur, il reste encore $0^m,07$ de ballast sous cette traverse ; il est complètement inutile d'en mettre davantage sur ces petits chemins de fer. Dans tous les cas, $0^m,30$ eût dû constituer un maximum pour la voie de 1 mètre. (V. Pl. 47 fig. 2.)

Nous en dirons autant de l'obligation de maintenir une distance de $0^m,90$ entre la crête du ballast et celle de la plate-forme ; en admettant même le ballast à $0^m,35$ d'épaisseur et son talus à 3/2, ce qui donne une base de $0^m,525$, il reste encore sur $0^m,90$ une largeur de $0^m,90 - 0^m,525 = 0^m,375$ de banquette, c'est-à-dire la même cote que sur les lignes à voie normale. Depuis longtemps, en effet, cette banquette était réduite à $0^m,40$, au lieu de $0^m,50$, exigée par l'ancien cahier des charges. Ainsi, toutes les lignes d'Algérie à grande voie ont été construites dans ces conditions ; l'accotement du ballast y a été également réduit de 1 mètre à $0^m,70$. (V. Pl. 47 fig. 1.)

Cette banquette de terre constitue la dépense la plus inutile, de profil en travers, et doit être réduite autant que possible. Sa seule utilité est d'empêcher la chute du ballast et de permettre le garage d'un homme en cas de passage d'un train. Cette dernière considération est vraiment superflue dans des chemins de fer qui marchent à la vitesse de 20 à 30 kilomètres à l'heure, et avec des travaux, déblais ou remblais, que l'on pourra toujours franchir facilement, grâce à leurs faibles dimensions. Mais, voulût-on tenir compte de tout et se mettre dans les conditions les plus larges, une banquette de $0^m,20$ à $0^m,25$ aurait parfaitement suffi ; il en serait encore résulté, de ce fait, une économie d'infrastructure. Nous engageons nos collègues à la porter au maximum à $0^m,20$ dans leurs projets.

L'article se termine par l'obligation, pour le concessionnaire, d'établir les fossés et rigoles nécessaires à l'asséchement de la voie et à l'écoulement des eaux.

Les petits ouvrages d'art courants auront des débouchés en rapport avec les écoulements d'eau que fera prévoir la nature et la configuration du sol ; quant aux fossés dans les tranchées, ils devront, généralement, ne pas dépasser $0^m,60$ de largeur, avec $0^m,20$ au plafond, $0^m,20$ de profondeur et talus à 45°.

L'article 8 traite des courbes et des déclivités.

Les rayons *minima* imposés aux courbes, dans les premières lignes, étaient 350 mètres ; les pentes *maxima*, 10 millimètres, avec un ali-

gnement droit ou un palier de 100 mètres entre deux déclivités ou deux courbes de sens contraire.

Les décrets du 11 juin et 25 août 1863 abaissèrent à 300 mètres le rayon des courbes et élevèrent à 15 millimètres la déclivité ; sur certaines sections, on toléra même 20 millimètres. Les Compagnies avaient, en outre, le droit de proposer encore des modifications à ces chiffres pour certains cas spéciaux.

On était donc déjà entré en partie dans la voie du progrès et il fallait s'attendre à voir le règlement actuel se montrer assez large dans les latitudes de ce genre accordées aux lignes d'intérêt local.

L'article laisse en blanc tous les chiffres et l'on peut choisir ceux que l'on veut, selon les besoins et les difficultés de la ligne à construire ; les seuls chiffres indiqués ne le sont qu'à titre de renseignements, et il nous paraît rationnel de s'en rapprocher autant qu'on le pourra. Ainsi, pour les courbes, de bons rayons seront :

Pour la voie de $1^m,44$	250 mètres.
Pour la voie de 1 mètre	100 —
Pour la voie de $0^m,75$	50 —

Comme déclivités nous sommes absolument de l'avis du cahier des charges, quand il recommande de ne pas dépasser 30 millimètres. Les longueurs de 60 mètres, pour la voie normale, et de 40 mètres pour la voie étroite, à ménager entre les courbes ou les pentes opposées nous paraissent également de bonnes cotes, qu'il faudra chercher à ne pas modifier dans un sens défavorable à l'exploitation future à laquelle il faut toujours songer.

Mais, il est bien entendu que toute ligne éprouvant des difficultés spéciales, ou ne comptant que sur un trafic insignifiant, pourra changer toutes ces données et les forcer, dans le sens le plus profitable à ses intérêts, sans cependant dépasser les limites rationnelles ; à cette condition, nous approuvons complètement la rédaction de l'article 8.

Suit l'article 9 relatif aux gares et stations : On aurait pu réduire le nombre et l'importance des documents exigés jusqu'à ce jour pour ces gares, quand on songe à l'état embryonnaire qu'elles présenteront comme voies et surtout comme bâtiments. Il faut remarquer, en effet, que les bâtiments seront le plus souvent construits en bois et que, dans les petites localités, il n'y aura qu'une simple halte, se composant uniquement d'un abri en planches pour les voyageurs.

Une condition nécessaire à bien stipuler et même bonne à fixer dans la convention, est que les gares et stations exigées resteront en conformité de ce qui était prévu à l'avant-projet et qu'aucune station nouvelle ne sera établie, dans l'avenir, aux frais du concessionnaire, mais bien aux frais du département ou des intéressés; et cela jusqu'à concurrence d'une recette kilométrique qui prouve l'utilité d'une gare supplémentaire, par exemple au moins 10,000 francs.

Dans tous les cas, il y a là une situation à bien préciser, car elle peut présenter un redoutable aléa pour l'avenir, si l'on se borne à la rédaction actuelle de l'article 9; chacun sait, en effet, combien on est harcelé par certaines influences pour placer des arrêts où ils ne sont nullement utiles, mais seulement agréables à quelques personnalités; une ligne d'intérêt local n'a pas les moyens d'être aussi généreuse.

L'article 10 prévoit le rétablissement des communications interceptées par le chemin de fer; mais la clause du même article de l'ancien cahier des charges interdisant de passer à niveau les routes nationales ou départementales est supprimée; le chemin de fer d'intérêt local pourra donc traverser à niveau n'importe quelle voie de communication.

L'article 11 traite des passages inférieurs. Les deux premiers paragraphes ne sont que la copie des anciens, c'est-à-dire que les ouvertures à laisser entre culées pour les passages inférieurs dépendent de la largeur de la voie traversée, et sont :

Pour une route nationale.	8 mètres.
Pour une route départementale.	7 —
Chemin de grande communication.	5 —
Chemin vicinal	4 —

Cela n'est pas des mieux compris; il eût été préférable de simplifier ici les choses, comme on l'a très bien fait pour les passages à niveau, et de choisir deux largeurs seulement, une pour les routes et une pour les chemins quels qu'ils soient, la première, portée à 6 mètres, la seconde à 4 mètres.

Que les hauteurs sous clef restent les mêmes, 5 mètres au-dessus du sol pour les ouvrages cintrés et $4^{m},30$ pour les poutres droites; cela s'explique, puisque ces dimensions sont toujours commandées

par les mêmes considérations : les hauteurs de charge des véhicules appelés à circuler sous le chemin de fer.

La largeur entre parapets nous semble exagérée; en effet, exiger $0^m,70$ entre ce parapet et le point le plus saillant du matériel roulant se justifie sur une grande ligne où les trains sont nombreux et circulent à grande vitesse : dans ce cas, il faut effectivement ménager à un homme la place suffisante pour se garer du passage d'un train. Mais, sur une petite exploitation où les trains sont rares, deux ou trois par jour, et où les agents savent sûrement l'heure de leur passage, quand les ouvrages d'art sont généralement courts et de peu d'importance, quand les trains marchent assez lentement pour s'arrêter au moindre signal de détresse ou, dans tous les cas, ralentir assez pour ne pas aller plus vite qu'un homme courant pour échapper au danger, nous pensons la mesure excessive, et la regrettons d'autant plus, que la plus grande dépense réside dans les ouvrages d'art et que c'est là que les plus petites réductions conduisent aux plus fortes économies. Il n'y a réellement besoin ici d'aucune largeur supplémentaire en dehors de celle du matériel roulant; tout au plus peut-on la porter à $0^m,20$ de chaque côté, soit $0^m,40$ en tout. Si on la maintenait intégralement à $0^m,70$ de chaque côté, ce ne pourrait être admissible que sur les ouvrages très longs. (V. Pl. 47 fig. 3.)

Nous trouvons également exagérée la hauteur des garde-corps portée à 1 mètre dans tous les cas; le cahier des charges de 1859 était beaucoup plus libéral à ce sujet et n'exigeait que $0^m,80$ pour tous les garde-corps de passages inférieurs. On ne demandait 1 mètre que pour les passages supérieurs sur lesquels peuvent circuler un assez grand nombre de personnes étrangères à la Compagnie, des enfants, etc.; c'est aussi pourquoi on fait généralement, dans ce dernier cas, le grillage de la balustrade plus serré; mais, lorsque l'ouvrage ne doit servir qu'à la circulation des trains et accidentellement au passage de quelque agent de la Compagnie, très habitué à la marche sur la voie, la hauteur de $0^m,80$, accompagnée d'un grillage très ouvert, est très suffisante. Ce sont là des choses absolument consacrées par une longue expérience et nous ne comprenons vraiment pas pourquoi on n'en a tenu aucun compte. (V. Pl. 47 fig. 4.)

La largeur nécessaire, au cas exceptionnel où la ligne aura deux voies sur l'ouvrage, sera encore trop grande, à cause de la nécessité citée plus haut, de laisser $0^m,50$ entre les parties les plus saillantes de

deux trains se croisant et 0^m,70 de chaque côté entre le train et le garde-corps. 0^m,30 suffit entre deux trains et 0^m,20 entre les parapets comme précédemment.

A notre avis, la largeur maximum à donner aux ouvrages, en réduisant les dimensions précédentes, sont :

	Ponts à 1 voie	Ponts à 2 voies
Pour la voie de 1 mètre. . .	3^m, 20	6^m,30
Pour la voie de 0^m,75. . . .	2^m,575	5^m,05

Les passages supérieurs sont réglementés par l'article 12 : les dimensions indiquées pour la largeur dépendent de la route ou du chemin ; ce sont celles indiquées plus haut et que nous désirions voir réduire à deux, 6 mètres pour les routes et 4 mètres pour les chemins. Quant à l'ouverture, elle dépend de la plate-forme du chemin de fer et rentre absolument dans l'article précédent ; nous renvoyons donc aux remarques faites à ce sujet.

Relativement à la question de hauteur, on retrouve, pour la voie normale, la cote exigée pour les grandes lignes, 4^m,80, et, pour les autres, des chiffres absolument fantaisistes, et que nous n'avons pu nous expliquer.

D'abord, l'ancien cahier des charges n'exigeait une hauteur fixe et *minima* qu'au-dessus du rail. Aujourd'hui on l'exige sur *toute la largeur occupée par les caisses de voitures*. On sera donc conduit à ce singulier résultat, qu'un chemin de fer d'intérêt local construit à voie normale présentera des ouvrages dont les débouchés seront plus grands que ceux du même chemin de fer construit avec la même voie, mais classé d'intérêt général ! Et nous n'inventons rien, les §§ 2 des articles 12 des cahiers des charges de 1859 et de 1881 ne laissent aucun doute à cet égard ; cette inconséquence est bien vivante, comme tant d'autres que nous avons eu l'occasion de signaler dans l'étude de la loi du 11 juin 1880.

Une autre addition, du même genre, est celle qui consiste à pousser les largeurs normales, fixées plus haut, jusqu'à 2 mètres au-dessus du rail : Pourquoi encore cette nouvelle sujétion qui n'existe pas dans les anciens règlements ? C'est une chose qui peut se faire quelquefois ; mais il peut se présenter, au contraire, des cas où il soit précisément utile et économique de réduire cette dimension sans aucun inconvénient ; pourquoi imposer cette condition nouvelle aux petites lignes,

alors que les grandes en sont exemptes et ont beaucoup moins besoin de ménagements? Ce n'est pas là du progrès.

Encore un mot pour finir cet article : la hauteur de 4m,80, exigée pour la voie normale est celle du gabarit lui-même, fixée par la hauteur des cheminées des locomotives; il arrive quelquefois que, dans un projet de pont métallique, on a oublié de tenir compte de l'épaisseur d'une plate-bande supplémentaire, ou bien des têtes de rivets dans une poutre; et que l'on fait sauter quelques-uns de ces derniers au passage du capuchon de la machine. Il n'est donc pas mauvais de laisser un petit espace de quelques centimètres au-dessus de la hauteur maximum du matériel roulant. Mais pourquoi exiger, comme le cahier des charges actuel, 0m,60? c'est y aller vraiment un peu trop largement : ce n'est pas toujours le moyen d'aider aux économies. Cela s'expliquerait tout au plus dans un souterrain, sous prétexte de ventilation, ou sur une ligne à express, pour la surveillance visuelle de la voie par le mécanicien lui-même.

Articles 13, *passages à niveau*. — Mêmes prescriptions que pour les grandes lignes pour la pose de contre-rails et l'établissement d'une chaussée de niveau pour le passage des voitures; remarquons que, contrairement à ce que croient beaucoup de personnes, le pavage n'est nullement obligatoire et, s'il est préférable au point de vue de l'entretien de l'employer dans les chemins très fréquentés, il sera beaucoup plus économique, sur les chemins à faible circulation, de se servir de macadam, beaucoup moins coûteux, comme premier établissement.

Nous condamnons complètement la défense d'installer les passages sous un angle inférieur à 45°; cette mesure, excellente sur les grandes lignes où les trains se succèdent, très nombreux et à grande vitesse, n'a pas de raison d'être ici, quand il passe deux ou trois trains par jour, à des heures rapidement connues de toute la contrée, et avec une vitesse qui permet à n'importe quel véhicule de se dégager en cas de détresse, le train dût-il s'arrêter. Mais le besoin de se mettre à 45° peut faire dévier les lignes, allonger le parcours, augmenter les acquisitions de terrains, les ouvrages, etc., c'est-à-dire, en un mot, accroître inutilement la dépense, ce qu'il faut éviter par-dessus tout dans ces petites lignes.

D'ailleurs, dans cette prescription, l'autorité n'est pas conséquente avec elle-même, car nous verrons plus tard que, dans le cas de che-

mins de fer posés sur routes, la voie peut librement passer d'un côté à l'autre de la route et, par conséquent, se présenter à la circulation des véhicules ordinaires sous un angle beaucoup plus faible que 45°. Et les tramways sur chaussée ne sont-ils pas constamment à niveau avec un angle généralement nul ?

Une excellente mesure, par exemple, est celle qui consiste à avoir réduit à deux les types de passages à niveau : 6 mètres pour les routes et 4 mètres pour les chemins de toute classe ; cela simplifie beaucoup les choses, et il serait à désirer que semblable instruction eût été donnée pour les ouvrages d'art.

Quant aux barrières, maisons de garde, guérites, etc., il ne peut y avoir de doute à ce sujet, et l'on doit les proscrire de la façon la plus absolue.

La clause finale exigeant des déclivités de 0^m,020 au maximum, sur 10 mètres, de chaque côté de la voie, a été ajoutée dans le cahier des charges actuel, quoique n'existant pas dans l'ancien, uniquement, parce que toutes les compagnies avaient fini par l'adopter en pratique, et avec beaucoup de raison, afin d'éviter les accidents. Mais, nous ne saurions trop le répéter ; avec le faible mouvement et la vitesse réduite de nos petits chemins de fer, cette mesure est absolument contraire aux besoins, et on aurait pu se dispenser d'en surcharger le règlement.

L'article 14 est la copie textuelle de l'article 14 du grand cahier des charges exigeant, sauf autorisation spéciale de l'administration compétente, des pentes maximum de 0^m,030 pour les rectifications de routes et de 0^m,050 pour celles des chemins vicinaux.

L'article 15 n'est également que l'article de 1859 ; il fixe les débouchés et ouvertures des ouvrages d'art sur cours d'eau. Il présente néanmoins, comme nous l'avons déjà remarqué dans un article précédent, cette anomalie regrettable d'élever la hauteur de tous les garde-corps à 1 mètre, alors qu'ici les ouvrages servent exclusivement au passage du chemin de fer et que ces garde-corps pourraient même être supprimés complètement.

Enfin, on y a ajouté un paragraphe annexe autorisant l'administration à faire construire, par les Compagnies, des ouvrages accolés à ceux de la voie ferrée pour la circulation publique ; c'est, à la vérité, une corvée dont le besoin ne se faisait nullement sentir ; hâtons-nous d'ajouter que le remboursement en sera opéré par l'administration après évaluation contradictoire.

L'article 16 relatif aux souterrains nous intéresse assez peu, car nous espérons bien que nos chemins de fer d'intérêt local n'en présenteront jamais. Cependant il faut prévoir quelques exemples de nécessité absolue; il est bon de voir comment l'administration a compris ce cas particulier.

Les dimensions en largeur sont naturellement les mêmes que celles qui sont prescrites à l'article 12 pour les ouvrages d'art; nous ferons donc à ce sujet les mêmes remarques. Quant aux hauteurs, elles subissent également la même exagération inutile de 0m,60 et, comme l'espace libre prescrit au-dessus du matériel roulant est de 1m,20, nous pensons qu'on pourrait aisément le réduire à 0m,60 et cela dans la largeur de la voie seulement et non dans la largeur des caisses; c'est surtout ici que cette dernière considération est importante.

La cote de 1m,20 au-dessus du gabarit est d'ailleurs prévue pour deux voies et maintenue pour voie unique : nous ne pouvons partager non plus cette manière de voir, car le tunnel où peuvent circuler et fumer deux trains à la fois doit naturellement être plus aéré que celui où n'en passe jamais qu'un seul.

Les articles 17 et 18 relatifs au maintien des communications interceptées par l'exécution des travaux et aux règles à observer pour la fourniture et la mise en œuvre des matériaux employés sont la reproduction exacte des anciens articles analogues; nous y renvoyons donc le lecteur et n'avons d'ailleurs aucune remarque à faire à leur sujet.

L'établissement de la voie fait l'objet de l'article 19 et laisse d'ailleurs aux concessionnaires le champ libre pour le choix du rail comme matière et comme poids. Nous pensons que l'acier devra être exclusivement employé, avec un poids par mètre courant de 20 à 25 kilogrammes pour la voie large et de 10 à 15 kilogrammes pour la voie étroite, sauf des cas spéciaux de très grand ou de très petit trafic.

Les traverses seront en général espacées de 0m,90 pour la voie large et de 0m,65 à 0m,85 pour la voie étroite, selon sa largeur.

Nous ajouterons que, s'il peut rester encore quelques doutes dans l'esprit de certains ingénieurs sur le choix du type de rail dans les grandes lignes, il ne peut en subsister aucun pour ces petits chemins de fer qui doivent toujours adopter le rail à patin, dit vignole, et le joint en porte-à-faux.

L'article 20 est relatif aux clôtures : murs, haies, etc., toutes choses

qu'il faudra bien se garder de jamais employer que dans des cas tout à fait exceptionnels; nous n'en voyons même pas bien la nécessité absolue aux abords des gares. Nous sommes loin, comme on le voit, de la rédaction administrative qui a l'air, au contraire, de n'autoriser qu'exceptionnellement leur suppression.

L'article 21 relatif aux expropriations et acquisitions de terrains a la même rédaction qu'en 1859 et tous les frais correspondants restent à la charge du concessionnaire; il y a là un aléa très sérieux à courir pour les compagnies qui doivent prendre à forfait la construction; nous ne saurions trop engager le département à se charger de cette partie du programme; il a en main tous les moyens pour venir facilement à bout de la rapacité de certains propriétaires; il pourrait rétrocéder ensuite, même avec bénéfice, ces terrains au concessionnaire : tout le monde y gagnerait.

Le projet de cahier des charges primitif portait ici une série d'articles numérotés, de 22 à 32, et qui ont été supprimés dans le document officiel; ils étaient relatifs au cas où la voie ferrée emprunte le sol d'une voie publique, et ont été publiés séparément dans le règlement d'administration publique afférant à ce cas particulier et paru le 6 août 1881.

Les articles 22, avantages de l'utilité publique ; 23, servitudes militaires dans les zones frontières et aux abords des enceintes fortifiées; 24 et 25, sujétions relatives aux mines et carrières, sont les mêmes que ceux de l'ancien règlement, presque tous identiquement copiés. On n'a supprimé de ce dernier que l'article 26 relatif à la cessation du travail les dimanches et jours fériés.

En revanche, l'article 26 du nouveau cahier qui correspond alors à l'article 27 de l'ancien, s'étend avec complaisance sur le contrôle et la surveillance; il renferme certaines clauses nouvelles qu'il est bon d'étudier de près.

Le dernier article restait dans les généralités et annonçait un service de contrôle destiné à empêcher la compagnie de s'écarter des prescriptions du cahier des charges : il eût suffi, pour remplacer cet article, du dernier paragraphe de l'article actuel. Mais on a cru bon d'ajouter certaines clauses permettant de faire rentrer le contrôle exclusivement dans les attributions des ponts et chaussées et à n'appartenir jamais au service vicinal; il y est dit, en effet, que le contrôle sera exercé par le préfet, sous l'autorité du ministre des travaux

publics : on n'est donc, en réalité, pas libre de choisir un autre contrôleur que l'ingénieur en chef du département, qui était, d'ailleurs, forcément indiqué, puisqu'on lui avait donné la vérification de l'avant-projet (art. 3).

Suit une autre prescription de détail à laquelle on se conformait, d'ailleurs, toujours guidé par le simple bon sens et pour éviter de payer des indemnités pour accidents. C'est d'éclairer les travaux sur la voie publique pendant la nuit. Mais la clause la plus grave de cet article est la suivante, qu'il est utile de citer tout entière :

« § 4. Tout marché à forfait, avec ou sans série de prix, passé avec un entrepreneur, soit pour l'ensemble du chemin de fer, soit pour l'exécution des terrassements ou des ouvrages d'art, soit pour la construction d'une ou plusieurs sections du chemin, est, dans tous les cas, formellement interdit. »

Ce sont là des mesures fort sévères, il faut le reconnaître; mais il faut avouer aussi que l'on a bien fait de les introduire, pour éviter de voir se renouveler les procédés fantaisistes et irréguliers de certains financiers sans scrupules qui ont attiré la déconsidération la plus complète sur les entreprises de chemin de fer d'intérêt local. Sous ce rapport, nous sommes très franchement de l'avis de l'administration, et nous l'approuverons hautement toutes les fois que les mesures prises par elle auront pour but de moraliser ces sortes d'affaires et d'y ramener la confiance et l'estime publiques.

Nous terminerons, en souhaitant que les frais de contrôle soient à la charge du département et non au compte de la Compagnie, comme cela se pratique pourtant aujourd'hui. La plupart des agents du contrôle sont loin d'être écrasés de besogne et, au moyen d'une faible rétribution supplémentaire que l'État donnerait, par exemple sous forme de déplacements, on permettrait à la Compagnie de réaliser une économie sérieuse; or, on sait qu'elle n'a pas le droit de négliger la plus petite.

L'article 27, relatif à la réception des travaux, est textuellement la reproduction de l'ancien article 28 des lignes d'intérêt général.

Il en est de même du dernier article de ce chapitre, l'article 28, qui prévoit un bornage, le levé d'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances, la livraison d'un atlas et d'un état descriptif de

tous les ouvrages exécutés. Franchement, on aurait pu se dispenser d'exiger cette dernière fantaisie, destinée exclusivement à enrichir la collection de MM. les agents administratifs aux frais du concessionnaire : les projets déposés auraient pu suffire ! N'oublions pas que nous avons affaire à de petites entreprises et que ces exigences de luxe ne sont acceptables que pour les grandes.

TITRE II

Entretien et Exploitation.

Ce chapitre est également calqué sur celui du cahier des charges des grandes Compagnies. Il en résulte forcément que certaines dispositions, tout à fait inapplicables aux petits chemins de fer, ont été maintenues à tort ; tel est l'article 30 relatif au gardiennage. Il est bien entendu que, sur ces petites lignes, on n'aura jamais une seule maison de garde et presque jamais de barrières, mais dans aucun cas de garde-barrières.

Pour les locomotives, l'article 31 renvoie au règlement spécial sur les machines et chaudières à vapeur ; on voit que l'ancien règlement du 25 janvier 1865 sur ces sortes d'engins a été modifié en 1880.

Pour ce qui est du matériel roulant quelques innovations heureuses ont été introduites : ainsi on n'exige plus trois classes de voitures pour les voyageurs ; et en effet, il sera bon, sur ces lignes secondaires de n'en jamais avoir que deux au plus ; non seulement pour simplifier les types du matériel et par conséquent les frais d'installation, mais en même temps la comptabilité des gares et la fabrication des billets.

Nous ne pouvons qu'approuver également l'admission officielle des voitures à impériales qui n'étaient que tolérées sur les lignes de banlieue des grandes Compagnies. D'après la lecture du cahier des charges on voit que l'Administration n'a eu en vue dans ce règlement que les impériales ouvertes et auxquelles on ne peut avoir accès que dans la belle saison. Mais on pourrait utilement, croyons-nous, employer la voiture à deux étages fermés du système Vidard, comme cela a lieu par exemple sur les lignes de Montmorency et de Saint-

Quentin à Guise ; on sait que ces types donnent une excellente utilisation du véhicule correspondant à un poids mort minimum.

Le paragraphe correspondant au compartiment à réserver pour chaque classe aux dames seules nous paraît ici impossible à réaliser ; ce serait immobiliser d'une façon impossible le matériel, surtout dans certains cas fréquents où il n'y aura qu'un compartiment de chaque classe dans tout le train. Il ne faut pas songer, sur ces petites exploitations, à offrir aux voyageurs les mêmes commodités que dans les trains express ; bientôt, en suivant cet ordre d'idées, on en arriverait à exiger des cabinets de toilette et des water-closets, toutes choses ridicules pour de si courts trajets coupés par de si fréquents arrêts.

Quant aux détails du matériel roulant les seules exigences rigoureuses sont les suspensions sur ressorts et l'usage des banquettes avec dossiers inclinés et à hauteur de la tête des voyageurs, de baies fermées à glaces, de rideaux pour l'été et de l'éclairage pendant la nuit, le tout sans distinction de classe. Pour l'étage supérieur les escaliers sont obligatoires en même temps qu'un garde-corps général de $1^m,10$ et cette forte hauteur est ici parfaitement justifiée.

Mais on remarquera par exemple que toutes les dispositions spéciales au confortable, parois rembourées, tapis, accoudoirs, etc., sont passées sous silence et qu'on pourra être très parcimonieux de ces accessoires sans cependant tomber dans l'exagération pour la première classe ; quant aux deuxièmes (nous ne supposons toujours que deux classes), elles seraient exactement les troisièmes actuelles des grandes lignes. On pourra trouver dans ces dispositions de sérieuses sources d'économie de premier établissement et d'entretien et, nous le répétons, pour de si courts voyages, personne ne saurait sérieusement s'en plaindre. La seule condition indispensable en France pour conserver la sympathie du public sera une excessive propreté : on ne nous pardonnerait jamais la saleté repoussante du matériel de la plupart des lignes anglaises.

Enfin le nombre des wagons à frein qui doivent entrer dans la composition d'un train n'est plus laissé à la disposition du concessionnaire mais sera fixé par le Préfet.

Ce peut être encore là un sujet de controverse et de désaccord si le Préfet est conseillé par une personne ignorant complètement les principes de l'exploitation des chemins de fer.

L'article 32, ajouté de toutes pièces, fixe le nombre de trains par jour dans chaque sens.

C'est une chose qui sera décidée par le conseil général et d'après laquelle le concessionnaire déterminera les frais d'exploitation qu'il devra présenter pour le fonctionnement de la garantie.

TITRE III

Durée, rachat et déchéance de la concession.

L'article 34 précise la date de la fin de la concession dont la durée peut être quelconque et nous avons dit au chapitre Ier ce que nous pensions de la date à partir de laquelle doivent commencer les travaux et l'exploitation ; la durée de la concession devrait partir, en réalité, de l'ouverture à l'exploitation de la ligne entière.

Quant à la durée, il faut, pour se garder contre les difficultés de l'amortissement, la demander la plus longue possible, c'est-à-dire toujours de quatre-vingt-dix-neuf ans comme pour les Compagnies d'intérêt général. (Voir notre étude sur la loi du 11 juin 1880.)

L'article 35, qui rend le département possesseur du chemin de fer à l'expiration de la concession est entièrement calqué sur l'article 36 correspondant des grandes lignes. La seule modification introduite est, comme presque toujours, au détriment du concessionnaire.

En effet, d'après, cet article 36, l'État peut être obligé, si la Compagnie le désire, de prendre en même temps à sa charge tous les objets mobiliers, matériel roulant, mobilier et outillage des gares et stations et les approvisionnements de tous genres tels que combustibles, huiles, etc., pour six mois. Le prix doit en être simplement débattu contradictoirement ou estimé à dire d'experts. Il va sans dire que l'État peut réciproquement requérir tout cela de la part de la Compagnie.

Aujourd'hui la Compagnie d'intérêt local ne peut exiger du département que le remboursement des approvisionnements pour six mois, mais le § 4 précise nettement que pour le matériel roulant et le reste, le département ne le prendra que si bon lui semble ; la Compagnie

peut donc être fort gênée si, dépouillée de sa ligne, on lui laisse pour compte tout son matériel et les accessoires ; elle peut ne savoir qu'en faire et se trouver obligée de les vendre à vil prix.

Un article formidable et qui est la véritable épée de Damoclès de toute ligne de chemin de fer, grande ou petite, est celui qui porte le numéro 36 relatif au *rachat*.

Cette question brûlante dans ces dernières années surtout, à cause des gros appétits politiques qu'elle a excités, a soulevé bien des controverses et nous n'y reviendrons pas ! Nous n'hésitons pas à dire que nous sommes complètement opposés à cette mesure qui tend à supprimer, dans une immense proportion, ce grand principe qui est l'*alma mater* de l'industrie : l'initiative privée. Et cela pour la remplacer par cette sorte de socialisme d'État qui a toujours été jusqu'à présent une manie française et que nous n'aurions jamais cru voir se développer d'une façon aussi exagérée et aussi redoutable par le temps de démocratie dans lequel nous vivons.

Quoi qu'il en soit, il y a dans le nouveau cahier des charges un article complet et fort long prévoyant les conditions du rachat ; nous croyons utile, vu l'importance de cette question, de le publier en entier.

« Article 36. *Rachat de la concession.* — Le département aura toujours le droit de racheter la concession.

« Si le rachat a lieu avant l'expiration des quinze premières années de l'exploitation, il se fera conformément au § 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de quinze ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective de la ligne entière, ou au plus tard à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 2 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

« Si le rachat de la concession entière est demandé par le département après l'expiration des quinze premières années de l'exploitation, on réglera le prix du rachat en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les sept années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué, et en y comprenant les annuités qui auront été payées à titre de subvention, on en déduira les produits nets des deux plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des cinq autres années.

« Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

« Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour terme de comparaison.

« Le concessionnaire recevra, en outre, dans les six mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aurait droit à l'expiration de la concession, suivant les deux derniers paragraphes de l'article 35, la reprise de la totalité des objets mobiliers étant ici obligatoire dans tous les cas pour le département.

« Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où le chemin concédé ayant été déclaré d'intérêt général, l'État sera substitué au département dans tous les droits que ce dernier tient de la loi du 11 juin 1880 et du présent cahier des charges.

« Si l'État rachète la concession passé le terme de quinze années qui est fixé dans le paragraphe premier du présent article, le rachat sera opéré suivant les dispositions qui précèdent. Dans le cas où, au contraire, l'État déciderait de racheter la concession avant l'expiration de ce terme, l'indemnité qui pourra être due au concessionnaire sera liquidée par une commission spéciale, conformément au § 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. »

Comme on le voit, ce n'est que l'article 37 de l'ancien cahier des charges revu, corrigé et surtout augmenté de façon à mettre les nouvelles lignes absolument entre les mains de l'administration.

Ainsi, anciennement, l'État ne pouvait racheter les lignes d'intérêt général que quinze ans au plus tôt après la mise en exploitation ; aujourd'hui il les rachètera, ainsi que le département, quand cela lui plaira, grâce aux § 1 et 8 qui s'appuient sur le § 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880.

Et comme il fallait bien justifier les absorptions faites antérieurement, alors qu'il n'y avait pas même de règlement spécial sur la matière, on a ajouté le § 7 permettant à l'État de déclarer la ligne d'intérêt général et de l'absorber à sa guise ; nous avons déjà eu l'occasion, dans notre étude sur la loi, de dire notre façon de penser sur tout cela.

La déchéance est réglée par l'article 37 ; notons qu'elle ne peut être

prononcée que par le ministre après une mise en demeure et que l'on a encore un recours possible au conseil d'État.

Elle peut résulter d'un retard dans la livraison des projets définitifs au préfet ou dans l'attaque des travaux ; dans ces deux cas on y perd son cautionnement tel qu'il est exigé par l'article 66 que nous verrons plus loin.

Dans l'article 38, on trouve les conditions dans lesquelles la déchéance peut être prononcée pour non-achèvement des travaux dans les délais présentés par l'article 2 du présent cahier des charges; pour non-exécution des conditions de ce cahier, ou de l'article 10 de la loi du 11 juin 1880 (cession totale ou partielle de la concession, fusion des concessions ou des administrations, modifications dans l'exploitation, élévation des tarifs, etc.).

On retrouve ici les conditions de l'ancien article 39, un peu adoucies en ce sens que la déchéance n'est pas toujours prononcée comme dans l'ancien règlement. Le concessionnaire, avant d'être soumis à cette rude mesure, peut être exposé simplement à perdre son cautionnement en totalité ou en partie dans lesquels cas il n'a qu'à le reconstituer dans le mois de la décision ministérielle.

En cas de déchéance, les mesures relatives à la mise en adjudication des travaux exécutés et des matériaux approvisionnés qui doivent être remboursés au concessionnaire évincé sont les mêmes qu'auparavant. mais avec cette circonstance favorable que les soumissions des concurrents agréés par le préfet ne pourront être inférieures à la mise à prix.

Ce n'est que si cette première adjudication n'a pu réussir, que les soumissions pourront être inferieures à cette mise à prix et non dès le début comme dans l'ancien cahier des charges.

Enfin, comme pour les lignes d'intérêt général, le département reste propriétaire du tout si cette seconde tentative reste également sans résultats.

Dans tous les cas, la déchéance ne peut être prononcée que par le ministre, sauf recours au conseil d'État par la voie contentieuse.

Il en sera de même si, comme le prévoit l'article 39, il survient une interruption de plus de trois mois dans le service de l'exploitation, interruption pendant laquelle le préfet prend en hâte les mesures provisoirement nécessaires pour assurer le service et cela aux frais et risques du concessionnaire.

En cas de déchéance qui peut, mais ne doit pas nécessairement, être prononcée au bout des trois mois, la mise en adjudication de la ligne et de toutes ses dépendances se fait comme il est expliqué dans l'article précédent.

En somme, cet article est la copie textuelle de l'article 40 de l'ancien règlement ainsi que l'article 40 suivant, qui tient compte des exceptions aux mesures précédentes dans les cas de force majeure.

TITRE IV

Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchandises.

Ce chapitre, qui contient les tarifs, est un des plus importants de tout le cahier des charges et l'on s'attendait à le voir traité avec un soin tout particulier. Au contraire, c'est celui qui a été le plus négligé.

D'abord pour le service des voyageurs, nous répétons que deux classes de véhicules sont parfaitement suffisantes, et loin de prendre 0 fr. 10 par tête et par kilomètre pour la classe la plus chère, c'est pour la dernière que nous prendrons ce tarif que nous considérons comme un minimum. La première classe payera 0 fr. 15. Dans de rares cas ces prix pourront être diminués pour certaines localités, car il faut augmenter proportionnellement davantage les marchandises qui n'ont que peu de moyens de transport économiques à leur disposition, et moins les voyageurs qui, pour de petites distances surtout, s'en iront facilement à pied; le temps, dans les campagnes, comptant à peu près pour rien.

Les enfants au-dessous de trois ans et portés sur les genoux ne payeront rien, soit ; mais au-dessus de cet âge ils payeront place entière et auront droit à une place distincte.

Ces petits chemins de fer ne sont pas des lignes de luxe et il faut y faire payer ce luxe fort cher.

Les chiens transportés dans les trains de voyageurs ne payeront jamais moins de 0 fr. 50 et non 0 fr. 30.

Pour la petite vitesse, les prix indiqués pour le transport des ani-

maux sont également trop faibles: les trois catégories d'animaux indiqués devraient payer respectivement 0 fr. 12, 0 fr. 05 et 0 fr. 03. Mais c'est surtout pour les marchandises que les chiffres doivent être forcés.

D'abord il est absolument superflu, sur ces petits chemins de fer, de diviser les marchandises en quatre classes et depuis longtemps déjà les cahiers des charges homologués n'en comportaient que trois au plus. Mais nous trouvons que cela est encore beaucoup trop et que deux classes seraient largement suffisantes suivant le système employé sur les chemins de fer de la Meuse, savoir : toutes les marchandises quelles qu'elles soient, cotées au tarif uniforme de 0 fr. 20 par tonne et par kilomètre quand elles se présentent sous la forme de colis isolés. En second lieu ce prix réduit sensiblement et tombant à 0 fr. 12 lorsque le transport se fait par wagon complet : voilà un excellent système et que nous désirerions voir se généraliser.

Et ce n'est pas là le maximum de ce qui a été obtenu ; ainsi on a concédé jusqu'à 0 fr. 25 pour la première classe de marchandises sur les lignes du Cambrésis et l'on a eu raison ; sur ces lignes à faible recette, les tarifs doivent avant tout être rémunérateurs sans cependant tomber dans l'excès et éloigner le trafic par leur exagération : il y a là un juste milieu à observer ; mais fixer à ces lignes les tarifs des grands réseaux est un non-sens absolu. Il est préférable de les prévoir trop élevés quitte à ne pas les appliquer intégralement si cela n'est pas indispensable ; cela vaut mieux que de s'exposer à de graves mécomptes au moment où il faut équilibrer les recettes et les dépenses et combler le déficit au moyen des finances du département aidé de l'État. L'important est que les prix des transports par la voie ferrée réalisent une économie notable sur les prix ordinaires par routes et tombereaux. On sait que ces prix oscillent autour de 0 fr. 50 par tonne et par kilomètre.

Sous ce rapport, le mode usité sur les lignes de la Meuse nous semble d'autant plus avantageux pour tous, que le wagon d'une petite voie est facilement complet puisque son chargement maximum est de cinq à six tonnes.

Nous sommes loin, comme on le voit, du tarif indiqué au document officiel qui est de 0 fr. 06 par wagon complet et qui oscille entre 0 fr. 08 et 0 fr. 016 pour quatre classes de marchandises.

L'augmentation des tarifs sur ces lignes locales est une condition

d'existence aussi indispensable que la réduction de la voie : c'est une chose qui n'est pas comprise de ceux qui ont rédigé le règlement et, en cela, ils sont conséquents avec eux-mêmes, car nous savons que c'est avec peine qu'il se sont décidés à accepter la voie étroite dont l'application rentre exactement dans le même ordre d'idées.

Voilà pour les articles les plus importants du tarif général. Quant à ceux qui suivent : transports de locomotives, wagons, diligences ou chaises de poste, cercueils, etc, ils peuvent suffire en abaissant à 15 tonnes le poids maximum que ne dépasseront généralement pas les machines, spécialement sur la voie étroite. Les tarifs des chaises de poste sont également un peu trop faibles. Bref, pour nous, un exemple de tarifs moyens bien compris pour ces petites lignes serait le suivant, impôts déduits :

TARIF	PRIX		
1° Par tête et par kilomètre.	de péage.	de transport.	Totaux.
Grande vitesse.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Voyageurs. Voitures couvertes, garnies et fermées à glaces (1re classe).................	0 10	0 05	0 15
Voyageurs. Voitures couvertes et fermées à vitres (2me classe).....................	0 067	0 033	0 10
Enfants. Au-dessous de trois ans les enfants ne payent rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent.			
Chiens transportés dans les trains de voyageurs........................... Sans que la perception puisse être inférieure à 0 fr. 50.	0 13	0 07	0 20
Petite vitesse.			
Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait.....................	0 08	0 04	0 12
Veaux et porcs.....................	0 034	0 016	0 05
Moutons, brebis, agneaux, chèvres.........	0 015	0 015	0 03
Lorsque les animaux ci-dessus dénommés seront, sur la demande des expéditeurs, transportés à la vitesse des trains de voyageurs, les prix seront doublés.			
2° Par tonne et par kilomètre.			
Marchandises transportées à grande vitesse.			
Huîtres. — Poissons frais. — Denrées. — Marchandises quelconques transportées à la vitesse des trains de voyageurs..........	0 32	0 28	0 60

TARIF (*Suite*).

	PRIX		
	de péage.	de transport.	Totaux.
Marchandises transportées à petite vitesse.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Classe unique. Spiritueux. — Huiles. — Bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques. — Produits chimiques non dénommés. — Œufs. — Viande fraîche. — Gibier. — Sucre. — Café. — Drogues. — Epiceries. — Tissus. — Denrées coloniales. — Objets manufacturés. — Armes........................ Blés. — Grains. — Farines. — Légumes farineux. — Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées. — Chaux et plâtre. — Charbon de bois. — Bois à brûler dits *de corde*. — Perches. — Chevrons. — Planches. — Madriers. — Bois de charpente. — Marbre en bloc. — Albâtre. — Bitume. — Cotons. — Laines. — Vins. — Vinaigres. — Boissons. — Bières. — Levure sèche. — Coke. — Fers. — Cuivres. — Plomb et autres métaux, ouvrés ou non. — Fontes moulées..... Pierres de taille et produits de carrières. — Minerais autres que les minerais de fer. — Fonte brute. — Sel. — Moellons. — Meulières. — Argiles. — Briques. — Ardoises................. Houille. — Marne. — Cendres. — Fumiers. — Engrais. — Pierres à chaux et à plâtre. — Pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes. — Minerais de fer. — Cailloux et sables.	0 11	0 09	0 20
Tarif spécial par wagon complet.			
Marchandises quelconques................	0 07	0 05	0 12
Les foins, fourrages, pailles et toutes marchandises ne pesant pas 600 kilogrammes sous le volume de 1 mètre cube, par wagon et par kilomètre, 0 fr. 65.			
3° Voitures et matériel roulant transportés à petite vitesse.			
Par pièce et par kilomètre.			
Wagon ou chariot pouvant porter de 3 à 6 tonnes................................	0 27	0 23	0 50
Wagon ou chariot pouvant porter plus de 6 tonnes............................	0 32	0 28	0 60
Locomotive pesant de 12 à 15 tonnes (ne traînant pas de convoi)..................	1 80	1 20	3 00

TARIF (*Suite*).

	PRIX de péage.	PRIX de transport.	PRIX Totaux.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Tender de 7 à 10 tonnes.................	0 90	0 60	1 50
Tender de plus de 10 tonnes..............	1 35	0 90	2 25
Les machines locomotives seront considérées comme ne traînant pas de convoi, lorsque le convoi remorqué, soit de voyageurs, soit de marchandises, ne comportera pas un péage au moins égal à celui qui serait perçu sur la locomotive avec son tender, marchant sans rien traîner.			
Le prix à payer pour un wagon chargé ne pourra jamais être inférieur à celui qui serait dû pour un wagon marchant à vide.			
Voitures à deux ou quatre roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur....	0 32	0 28	0 60
Voitures à quatre roues, à deux fonds et à deux banquettes dans l'intérieur, omnibus, diligences, etc.......................	0 42	0 38	0 80
Lorsque, sur la demande des expéditeurs, les transports auront lieu à la vitesse des trains de voyageurs, les prix ci-dessus seront doublés.			
Dans ce cas, deux personnes pourront, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligences, etc.; les voyageurs excédant ce nombre payeront le prix des places de deuxième classe.			
Voitures de déménagement à deux ou quatre roues, à vide.......................	0 32	0 28	0 60
Ces voitures, lorsqu'elles seront chargées, payeront en sus du prix ci-dessus, par tonne de chargement et par kilomètre..........	0 135	0 115	0 25
4° Service des pompes funèbres et transport des cercueils.			
Grande vitesse.			
Une voiture des pompes funèbres renfermant un ou plusieurs cercueils sera transportée aux mêmes prix et conditions qu'une voiture à quatre roues, à deux fonds et à deux banquettes...........................	0 84	0 76	1 60
Chaque cercueil confié à l'Administration du chemin de fer sera transporté, pour les trains ordinaires, dans un compartiment isolé, au prix de....................	0 27	0 23	0 50
Et pour les trains express, dans une voiture spéciale, au prix de..................	0 60	0 40	1 00

Nous le répétons, les tarifs des chemins de fer d'intérêt local ne peuvent être assimilés à ceux des grandes lignes pas plus qu'à ceux des entreprises de roulage et de messageries qu'ils remplacent. Des populations, obligées de payer actuellement des taxes de 0 fr. 40 à 0 fr. 50 par tonne et par kilomètre pour effectuer leurs transports et qui ne peuvent, par les ressources de leur propre trafic, couvrir les dépenses d'un chemin de fer à grande voie, accepteront avec reconnaissance les tarifs que nous avons indiqués de 0 fr. 12 à 0 fr. 20 qui constitueront une diminution considérable sur leurs charges présentes, sans parler de la rapidité et de la régularité du service.

Le département, qui vient en aide à la petite ligne, a, lui-même, tout intérêt à appliquer dans le principe des tarifs élevés. Il est toujours temps de les baisser plus tard quand les progressions successives des recettes rendent la chose possible ; il serait beaucoup plus difficile de faire accepter au public une élévation de ces tarifs dans le cas où un déficit exagéré rendrait cette opération nécessaire.

La suite de l'article est toujours la copie intégrale de l'article correspondant de l'ancien cahier des charges.

Nous aurions aimé voir porter à dix kilomètres la distance minima à compter comme parcourue dans tous les cas et à 0 fr. 75 le prix d'une expédition quelconque, soit en grande, soit en petite vitesse, quelle que soit la distance parcourue.

L'article 42 réglemente la correspondance des trains et exige qu'il y ait, à moins d'autorisation spéciale et révocable du préfet, des voitures de toutes classes en nombre suffisant pour faire face aux besoins.

Ce n'est que l'ancien article 43 dont on a supprimé la deuxième partie autorisant la Compagnie à placer dans chaque train des voitures ou des compartiments de luxe à prix spéciaux dont le nombre des places ne dépasse pas le cinquième du nombre total des places du train.

Il est fort peu probable, en effet, que l'on voie jamais sur une ligne d'intérêt local des coupés-lits ou un pulmann-car !

L'article 43 est à supprimer complètement. Rien n'est à négliger en effet sur ces lignes à faible trafic pour augmenter les recettes toujours insuffisantes ; nous n'admettons donc pas que le voyageur ait droit au moindre transport de bagages gratuit en dehors de ce qu'il peut tenir à la main et poser sous la banquette ou dans le filet. Et encore

il serait peut-être bon dans certains cas d'exiger que tout fût mis aux bagages payants.

L'article 44 (ancien article 45) relatif à l'assimilation des marchandises ou objets non désignés dans l'énumération du tarif tombe de lui-même avec notre système, puisque nous conseillons une seule classe pour toutes les marchandises.

L'article 45 est la copie textuelle de l'ancien article 46 et cela est assez étrange car si l'article 46 fixait à 3,000 kilos avec les tarifs ordinaires et à 3,500 kilos avec les tarifs doubles les charges maximum que la Compagnie était tenue d'accepter avec son grand matériel pouvant facilement porter dix tonnes, pourquoi laisse-t-on subsister les mêmes chiffres avec un matériel n'en pouvant porter que 5 ?

Mêmes remarques pour la limite de masse indivisible à transporter, fixée dans les deux cas à 5,000 kilos.

Les articles, 47, abaissement des tarifs par le concessionnaire; 48, délais d'expédition; 49, délais de livraison, ne sont que les anciens articles transportés intégralement dans le nouveau réglement.

Il en est à peu près de même de l'article 50 relatif aux frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, déchargement et magasinage. On a simplement ajouté un mot relatif au transbordement au point de raccordement de la ligne avec un réseau à voie différente.

Tous ces frais seront fixés annuellement par le préfet sur la proposition du concessionnaire.

Enfin nous retrouvons encore les anciens articles relatifs au camionnage à domicile et à l'interdiction des traités spéciaux de correspondance sous les numéros 51 et 52 qui terminent en même temps le chapitre IV.

TITRE V

Stipulations relatives à divers services publics.

Nous considérons comme devant être supprimés ou au moins profondément modifiés, les articles de 53 à 57 qui n'ont pas d'autre but que de charger la Compagnie d'une quantité de transports gratuits absolument exagérée.

Les excès dans cette voie pèsent déjà d'une façon fort lourde sur les grandes Compagnies actuelles, nous sommes en mesure de l'affirmer ; elles ne réclament pas cependant et même au besoin offrent elles-mêmes des cartes de circulation à de nombreux agents administratifs qu'elles ont intérêt à ménager.

Mais, les petites Compagnies doivent obéir à des considérations toutes différentes ; en effet, comme d'après la loi du 11 juin 1880, la plus lourde charge de la garantie d'intérêt pèse sur le budget du département et des particuliers, le concessionnaire doit s'attacher avant tout à éloigner toutes les charges non justifiées qui peuvent lui incomber et qui se répercutent toujours sur les contribuables.

Ainsi, nous supprimerions même le transport gratuit des agents du contrôle et des contributions indirectes chargés de la perception de l'impôt. Ce sont des agents de l'État qui peuvent parfaitement payer leurs voyages et se faire rembourser leurs frais de déplacements par l'État. (art. 53).

Mais, dans tous les cas, ce sont les seuls agents que nous admetterions, à regret, à titre gratuit dans les voitures.

Quant aux militaires, marins, (art. 54), prisonniers (art. 55), employés de la poste, etc., nous ne comprenons pour eux ni gratuité, ni taxe réduite ; toutes ces catégories d'agents doivent payer leur voyage comme des simples particuliers. Si l'État veut leur donner une gratification quelconque, qu'il la prenne sur son budget. La subvention, assez faible d'ailleurs, donnée par l'État d'après l'article 13 de la loi du 11 juin 1880 devient une véritable dérision si ce dernier se rembourse adroitement sous mille autres formes des sommes qu'il a avancées, sommes qui pourraient même se trouver dépassées sans qu'on ait le droit de se plaindre.

Certaines de ces charges sont vraiment exorbitantes et frisent le comique : Ainsi, en ce qui concerne la poste, l'article 56 exige qu'on réserve dans chaque train pour ce service un compartiment de 2e classe ! Or il n'y aura le plus souvent qu'un seul compartiment de ce genre dans tout le train !

Et, ajoute le paragraphe 4, l'Administration peut requérir un 2e compartiment si elle en voit l'utilité ! ! !

Pour nous, la poste doit payer comme le premier venu !

Enfin, d'après le paragraphe 11, si le service des postes exige des bureaux d'entrepôt de dépêches dans les gares, le concessionnaire sera

tenu de lui fournir l'emplacement nécessaire et l'administration en payera le loyer dans le cas où le chemin de fer ne serait pas subventionné par l'État. Si l'État subventionne il faudra faire tout cela gratuitement ! ! !

Tout cela est impossible pratiquement sur ces petites lignes ! On croirait vraiment à lire le règlement qu'il a été fait pour une ligne dont la recette nette atteindrait 200,000 francs par kilomètre.

D'ailleurs notre idée n'est pas nouvelle et M. Baum, dans son intéressante étude sur les chemins de fer d'intérêt local, rappelle l'exemple, bon à citer dans ce cas exceptionnel, de l'Allemagne où la plupart des lignes de ce genre reçoivent une indemnité de l'État quand elles font le service de la poste.

M. Morandiere dans son remarquable travail sur l'état des chemins de fer secondaires, travail que nous espérons prochainement lui voir reprendre et mettre au courant des progrès actuels, a cité un exemple de cahier des charges rédigé de cette façon en France. C'est celui des chemins de fer d'intérêt local de l'Hérault : on n'y rencontre aucune réduction stipulée pour les militaires et marins pas plus que pour le service postal.

L'article 57 est spécial au télégraphe. Or les lignes télégraphiques constituant en France un monopole entre les mains de l'État on n'éprouvera nulle surprise en voyant l'échafaudage d'argument qui, sous ce rapport, place le concessionnaire sous la dépendance de l'administration, ne lui laissant qu'un droit : celui de payer en cas d'installation à effectuer, ou de surveillance à exécuter. Et cela toujours accompagné de force transports gratuits d'inspecteurs et d'agents de tous grades !

Quant à la ligne télégraphique, une fois construite, elle n'appartient plus à la Compagnie ; elle devient la propriété de l'État qui seul à le droit de faire la plus petite réparation, les agents de la ligne ne devant que rattacher provisoirement les deux bouts d'un fil en cas de rupture.

Le mieux sera donc de se passer du télégraphe qui, il faut l'avouer n'est pas indispensable quand la ligne, ne dépassant pas 30 à 35 kilomètres de longueur, pourra faire son exploitation en navette ; outre tous les désagréments cités plus haut, on y gagnera des frais de premier établissement s'élevant au moins à 500 francs par kilomètre.

TITRE

Clauses diverses.

Les articles 58 et 59 relatifs à la possibilité de construire dans l'avenir des voies de communications quelconque par terre ou par eau, ou un nouveau chemin de fer qui pourrait faire concurrence à la ligne, sont la reproduction textuelle des anciens articles 59 et 60.

Mais ces lignes, vivant surtout sur le budget du département, il est peu à craindre que de pareilles concessions soient données ; on pourra d'ailleurs toujours prévoir le cas et l'éluder à l'avance en rédigeant convenablement la convention.

Il en sera de même de l'article 60 relatif aux concessions d'embranchement et de prolongements. Quelques paragraphes nouveaux sur les gares communes constituent une bonne innovation.

On sait, que c'est par ce moyen que les grandes Compagnies se sont débarrassées des petites à l'origine. La plupart exigeaient, en effet, le payement de tous les frais de la gare, y compris l'intérêt du capital de premier établissement, au prorata du nombre d'embranchements aboutissant à cette gare. Ainsi, une petite ligne d'intérêt local ayant trois trains par jour et aboutissant à une gare de passage jouissant d'une circulation dix fois plus forte, devait payer le 1/3 des frais cités plus haut ; on voit aisément où cela devait conduire.

Aujourd'hui, sans cependant préciser, on voit que l'administration s'est émue de cet état de choses. Elle dit qu'il sera fait un *partage équitable* des frais communs résultant de l'usage desdites gares et les redevances à payer par les Compagnies nouvelles seront, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

C'est égal, nous pensons qu'il sera toujours bon de ne jamais faire gare commune avec une Compagnie d'intérêt général ; on y jouera toujours le rôle du pot de terre ; d'ailleurs, avec l'adoption de la voie réduite, les avantages qu'on en pourrait tirer disparaissent en grande partie et il sera préférable à tous égards de se poser franchement à

côté de la grande ligne avec un simple quai de transbordement, se contentant de jouer le rôle de camionneur vis-à-vis de celle-ci.

L'article 61 prévoit les règles relatives aux embranchements industriels. Il est la copie exacte de l'ancien article 62. Cependant on aurait pu également élever le tarif de location du matériel roulant aux propriétaires d'usines. Ces prix, fixés à 0 fr. 12 par tonne pour le premier kilomètre et à 0 fr. 04 pour les kilomètres suivants, auraient dû au moins être taxés comme les marchandises à 0 fr. 20 par kilomètre sans distinction du premier ou des suivants ; cela eût été encore économique sur le transport en tombereau avec des chevaux dont le coût minimum dans les meilleures conditions est de 0 fr. 30 à 0 fr. 40 par tonne et par kilomètre.

Les anciens articles relatifs à la taxe de contribution foncière, aux agents assermentés, aux commissaires spéciaux et aux frais de contrôle ont été reproduits intégralement sous les numéros 62 à 65. L'ancien article 65 réservant la moitié des emplois aux anciens militaires a été supprimé.

Nous avons déjà dit notre façon de penser relativement aux frais de contrôle qui ne devraient pas être à la charge du concessionnaire.

Dans tous les cas ils devraient être au moins réduits à leur plus simple expression, le contrôle d'une si petite affaire ne donnant pas lieu à des frais si importants : 20 francs par kilomètre seraient largement suffisants.

Le cautionnement est exigé par l'article 66 : On en fixe le montant généralement à 1,000 francs par kilomètre pour ces petites lignes. Puis viennent les articles classiques de l'élection de domicile, des recours au conseil de préfecture et au conseil d'État en cas de contestations.

Enfin le dernier article, numéro 69, est relatif aux frais d'enregistrement du cahier des charges et de la convention. On sait que d'après la loi du 11 juin 1880 ces frais se réduisent pour le concessionnaire au droit fixe de 1 franc (art. 24).

Ici se termine l'étude analytique que nous nous proposions de faire sur le cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local ; il ne nous reste plus, pour complèter ce travail qu'à résumer en quelques mots les conclusions que l'on peut en tirer et qui pourraient ne pas se dégager bien nettement de la longue énumération de détails qui précède.

CONCLUSIONS.

Le cahier des charges relatif aux chemins de fer, tel qu'on l'attendait, était un règlement très court, très simple, donnant toutes facilités aux Compagnies concessionnaires pour installer leurs entreprises; en un mot, un document permettant de donner facilement toute l'impulsion voulue à une industrie qui est dans un état des plus languissants et présente cependant les meilleures conditions de vitalité.

Tout au contraire, les premiers projets avant la lettre, dont quelques exemplaires furent confiés au public à titre de ballon d'essai, soulevèrent un tolle général parmi les personnes compétentes; le moindre défaut de ces documents était d'être beaucoup trop volumineux ; ils renfermaient en outre nombre de clauses et conditions absolument inacceptables et rendaient impossible pour l'avenir la construction des chemins de fer d'intérêt local ou tramways !

Il faut avouer que ces projets furent bien peu simplifiés ou abrégés; les exemplaires définitifs et officiels que nous en possédons aujourd'hui se ressentent encore beaucoup trop de la persistance de l'Administration à mettre ces petites entreprises sur le même pied que les grandes Compagnies et à établir entre ces lignes vicinales et les grandes artères déjà construites un parallèle impossible. On a trop conservé de charges aussi lourdes que peu justifiées pour ces sortes d'affaires qui ne réussiront pas tant qu'elles ne seront pas débarrassées de toutes les dépenses inutiles et de toutes les entraves administratives dont elles sont accablées.

Ainsi, en ce qui concerne le premier chapitre, nous avons nettement vu que disséqué de près il ne lui reste presque aucun membre intact et qu'il faudrait en modifier presque tous les articles. C'est en effet celui qui présente le plus d'exigences superflues et coûteuses. De même, on pensait, au premier abord, que dans ces sortes de lignes où la question financière prime tout, où l'on ne parle constamment que de subvention et de garantie d'intérêt, le chapitre des tarifs serait tout spécialement étudié et prêterait par ses combinaisons à tous les moyens de venir en aide au budget commun des intéressés. Il n'en est rien et

c'est là qu'on a fait le moins d'efforts d'imagination : on s'est en effet contenté de copier textuellement l'article 41 relatif aux tarifs du cahier des charges des grandes lignes comme s'il y avait la moindre analogie entre ces entreprises et celles dont nous nous occupons actuellement.

Et ainsi de suite pour les autres chapitres.

Encore n'avons-nous rencontré ici que de grandes difficultés ; mais avec les chemins de fer sur routes ce sont des *impossibilités* auxquelles on se heurte à chaque pas. Nous le démontrerons dans une prochaine étude consacrée spécialement aux tramways.

La conclusion définitive de tout cela est fort simple : il est à désirer que ces questions soient élaborées et étudiées par une réunion d'hommes ayant tous fourni une longue carrière dans les chemins de fer, et possédant la compétence et l'expérience indispensables.

Tandis que nos réglementateurs, tout en opérant avec la meilleure foi du monde, n'ont pour la plupart jamais construit une ligne et se trouvent en outre particulièrement inexpérimentés sur la question toute spéciale des chemins de fer économiques.

CHRONIQUE

Sommaire. — **Développement des voies de communication dans la Grande-Bretagne. — Chemins de fer à voie étroite en Saxe. — Chemins de fer sur routes et chemins à crémaillère. — Ventilation dans les mines. — Le pont Alexandre à Saint-Pétersbourg.**

Développement des voies de communication dans la Grande-Bretagne. — M. James Reid, Président de l'*Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland.* (ingénieurs et constructeurs de navires d'Écosse) a prononcé, dans la séance du 24 octobre de l'Institution, un discours d'installation dans lequel il a développé d'intéressantes considérations sur le système des chemins de fer anglais et ses relations avec le commerce maritime.

L'application de l'art de l'ingénieur au développement des ressources naturelles a été forcément retardée tant que la vitesse avec laquelle l'homme pouvait se transporter à la surface du globe restait limitée, sur mer par le caprice des vents et des flots, et sur terre par la force des chevaux et l'état des voies de communication.

Les routes primitives étant en dos d'âne étaient destinées à être remplacées par les routes à macadam qui furent introduites, en 1816, par James L. Macadam près de Bristol, bien que Telford eût auparavant, en 1803 et 1804, fait plusieurs centaines de milles de routes dans les Highlands et les grandes voies de communication établies dans le Nord à la suite de l'accroissement des relations entre l'Angleterre et l'Irlande après l'Union. Sur ces routes perfectionnées, le trajet de Londres à Édimbourg qui exigeait auparavant 13 jours à raison de 2 kilomètres à l'heure, se faisait en 42 heures. Mais qui profitait de ces voies de communication ? Un nombre relativement minime de personnes appartenant aux classes aisées, ou bien des courriers, des voyageurs de commerce, etc. La sphère de l'influence civilisatrice ne s'étendait pas au delà des villes ou villages bordant ces routes. Un voyage de 100 kilomètres représentait pour un ouvrier son salaire d'une semaine. Dans ces conditions les gens ne voyageaient que pour des affaires sérieuses et on reconnaissait leur lieu de naissance à leur langage.

Il y a à peine soixante ans, les canaux étaient à peu près les seuls moyens de transport pour les marchandises lourdes. Bien que ce genre de communication fût largement établi entre Liverpool et Manchester, les trois canaux qui existaient entre ces deux villes étaient souvent si encombrés qu'il fallait un mois pour amener le coton du port de débar-

quement aux villes manufacturières de l'intérieur, c'est-à-dire plus de temps que n'en exigeait le transport de New-York à Liverpool. Le trafic total entre Liverpool et Manchester ne dépassait guère en moyenne 1,200 tonnes par jour. Le transport coûtait 22 fr. 50 par tonne, mais, malgré l'élévation de ce prix, les négociants se plaignaient surtout des lenteurs du transport des matières brutes dans une direction et des produits manufacturés dans l'autre. Les entrepreneurs de transport avaient des livres d'inscription et répondaient à leurs clients : « Votre envoi partira la semaine prochaine, chacun son tour. » La durée moyenne de parcours des 80 kilomètres du canal était de 36 heures, ce qui donne une vitesse de 2,200 mètres à l'heure.

Pour améliorer cet état de choses, on construisit le chemin de fer entre Liverpool et Manchester. Les chemins de fer de houillères avaient mis en évidence les avantages de la traction par la vapeur. Ainsi le chemin de fer de Hetton, près de Newcastle, qui mettait en relation directe une houillère avec la Wear et dont la longueur était de près de 12 kilomètres permettait de transporter des charges utiles de 60 tonnes à la vitesse de 7 1/2 kilomètres à l'heure. On peut encore citer comme exemple le chemin de fer de Killingworth où une locomotive, pesant 10 tonnes avec son tender, traînait une charge brute de 40 tonnes à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure en brûlant 14 kilogrammes de charbon par kilomètre.

En outre de ces lignes privées destinées au transport local des marchandises, le chemin de fer de Stockton à Darlington, ouvert en 1825, transportait des voyageurs. C'est en réalité la première ligne qui ait fait apprécier l'avantage des chemins de fer pour le transport des personnes. Avant sa construction, il y avait tout au plus une quinzaine de personnes allant par semaine d'une extrémité à l'autre. Avec la nouvelle ligne ce nombre s'éleva à plusieurs centaines par jour. Le promoteur de cette ligne, M. Pease, avait coutume de dire, avec un jeu de mot difficilement compréhensible autrement qu'en anglais, que si un pays fait un chemin de fer, le chemin de fer transforme le pays. Cette ligne, avec trois embranchements, avait 60 kilomètres de longueur ; il y avait d'abord une seule voie avec des garages tous les 400 mètres. Les voyageurs étaient portés par des voitures qui en contenaient six en dedans et quinze à vingt à l'extérieur. Chaque véhicule était traîné par un cheval à une vitesse qui atteignait, dit-on, 16 kilomètres à l'heure. En présence de ces résultats, Stephenson pouvait sans témérité s'engager à traîner sur la ligne proposée 20 tonnes de charge à une vitesse de 13 kilomètres à l'heure. La machine construite par lui pour le concours, la *Rocket*, remorqua 40 tonnes à la vitesse de 20 kilomètres, elle pesait 4 1/2 tonnes et son tender 4 1/4. Cette machine réunissait les trois éléments de puissance des locomotives modernes savoir :

Le foyer intérieur entouré d'eau avec le faisceau de tubes dans la chaudière, l'échappement dans la cheminée et la connexion directe des cylindres (un de chaque côté) avec les roues de l'essieu moteur.

Le remplacement du gros carneau unique, alors d'un usage général dans

les locomotives, par un grand nombre de petits tubes et l'emploi du tirage artificiel produit par l'échappement dans la cheminée de la vapeur sortant des cylindres a donné des résultats merveilleux pour faciliter l'absorption du calorique par l'eau et la production de la vapeur, sans accroissement dans les dimensions et le poids de la chaudière. Ces modifications permirent à la *Rocket* de traîner à vitesse égale une charge quadruple de celle des machines précédentes. La *Rocket* est actuellement au Patent Museum à South Kensington.

Une fois la voie tracée, tous les constructeurs s'y engagèrent avec leurs idées particulières, mais la pratique se résuma dans deux types, les machines à quatre roues et les machines à six roues, ces deux types ayant leurs deux cylindres placés horizontalement à la partie inférieure de la boîte à fumée.

Les locomotives ordinaires ont toutes actuellement au moins six roues. Mais l'accroissement de la base, c'est-à-dire de l'écartement des essieux extrêmes, conduisait à une augmentation de la résistance dans les courbes; néanmoins l'avantage résultant de la plus grande stabilité a fait conserver cette disposition et ce n'est que depuis dix ou quinze ans qu'on a introduit des modifications pour faciliter le passage des machines dans les courbes. Suivant la pratique générale en Amérique, on a placé un bogie ou truck à quatre roues avec pivot sous la partie antérieure pour remplacer les roues d'avant. Le North London, le Métropolitain et les lignes du Métropolitan District n'emploient que des machines à bogie.

L'ancien type de machines à quatre roues construit couramment par MM. Robert Stephenson et Cie pesait 9 tonnes en service. Les machines à six roues qui leur succédèrent pesaient 11 1/2 tonnes. Les machines actuelles pèsent jusqu'à 48 tonnes en service et 80 avec le tender chargé d'eau et de combustible.

Neilson et Cie ont en ce moment en construction des machines à douze roues pesant 72 tonnes avec leurs approvisionnements.

On peut donner comme un exemple intéressant la vieille ligne de Garnkirk à Glasgow qui a été inaugurée en 1829. Les premières machines de ce chemin de fer pesaient de 8 à 9 tonnes, les roues en fonte avaient $1^m,22$ de diamètre et les cylindres $0^m,275$, la pression de marche était de 3 1/2 kilogrammes par centimètre carré. Ces machines traînaient des trains de trois voitures pesant 7 tonnes en charge à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure entre Glasgow et Gartsherrie.

Lorsque cette ligne de 13 kilomètres fut absorbée par le Calédonian Railway dont le réseau compte aujourd'hui 1,400 kilomètres, la puissance des machines fut considérablement accrue; les machines express fonctionnant actuellement sur cette même ligne ont des cylindres de $0^m,425$ et $0^m,450$ et des roues de $2^m,135$ et $2^m,440$ de diamètre et pèsent de 35 à 45 tonnes en ordre de marche. Elles traînent des charges brutes de 90 tonnes à des vitesses de 65 à 80 kilomètres en brûlant 6, 5 kilogrammes de combustible par kilomètre.

Le travail utile moyen des types actuels de machines anglaises correspond aux chiffres ci-dessus. La machine express *Lady of the Lake*, construite il y a vingt ans par M. John Ramsbottom pour le service des trains express du London and North Western, avait des cylindres de 0m,400 et des roues 2m,290 de diamètre; elle pesait 27 tonnes en service et 44, 5 tonnes avec son tender. Cette machine traînait des trains de huit ou neuf voitures pesant de 73 à 75 tonnes, à la vitesse de 64 kilomètres à l'heure en brûlant 8 kilogrammes de combustible par kilomètre.

Un type de machine à quatre roues couplées plus récent destiné au même service, comporte des cylindres de 0m,425 et des roues de 1m,98, le poids est de 29, 5 tonnes en service. Ces machines peuvent traîner sur palier des charges brutes de 293 tonnes, y compris le moteur, à des vitesses de 75 kilomètres à l'heure; la pression à la chaudière atteint 8, 5 kilogrammes par centimètre carré.

Les machines express, construites sur les plans de M. S. W. Johnson pour le Midland, ont des cylindres de 0m,45 de diamètre et quatre roues couplées de 2m,135, l'écartement des essieux extrêmes est de 6m,55. Ces machines pèsent 42 tonnes en ordre de marche et 68 avec le tender chargé. La charge moyenne traînée par ce type est de 14 voitures et la vitesse de 80 kilomètres à l'heure sur des rampes de 8 à 9 millièmes, avec une consommation de 8 à 8,5 kilogrammes de charbon du Derbyshire par kilomètre.

La charge maxima, entre Manchester et Derby avec des rampes atteignant 10 millièmes sur 16 kilomètres est de 17 voitures; la vitesse est de 55 kilomètres sur les rampes et de 80 sur les paliers ou les pentes. Il y a sur cette ligne de nombreuses courbes dont les rayons varient de 220 à 400 mètres Les voitures pèsent pleines 11 tonnes chacune, ce qui fait pour le train une charge brute de 187 tonnes.

Les machines express, construites pour le Great Northern sur les plans de M. Patrick Stirling, ont des cylindres de 0m,45 et une seule paire de roues motrices de 2m,44, le poids en service est de 38 tonnes dont 16 à 17 sur l'essieu moteur. Ces machines font le service des express entre King's-Cross et York; elles traînent des trains de 16 à 22 voitures. On peut citer un parcours de 24 kilomètres effectué en 12 minutes avec 16 voitures pesant 10 à 12 tonnes chacune. Ces machines peuvent traîner en palier une charge de 350 tonnes, y compris machine et tender à la vitesse de 72 kilomètres, avec une pression à la chaudière de 10 kilogrammes par centimètre carré.

Les machines à marchandises, sans atteindre les poids des machines à voyageurs, peuvent traîner des charges très considérables. Les machines à six roues couplées, avec cylindres de 0m,425 et roues de 1m,525, pesant 32 tonnes en ordre de marche, peuvent traîner en palier des trains de 360 tonnes, à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, en brûlant en moyenne de 11,5 à 13 kilogrammes de combustible par kilomètre.

La surface de chauffe des locomotives de construction récente varie de

75 à 120 et 130 mètres carrés. Si on compare ces chiffres avec les 3m,75 de la vieille locomotive de Killingworth ou même les 13 mètres carrés de la *Rocket*, on voit que la surface de chauffe actuelle atteint de 20 à 35 fois celle de la machine la plus ancienne et 6 à 10 fois celle de la machine du concours de Rainhill. On peut apprécier à quel point la chaudière de locomotive est compacte en la comparant avec une chaudière du type Lancashire de 72 mètres carrés de surface de chauffe. La première occupe une surface horizontale de 1m,22 de largeur sur 4m,50 à 4m,80 de longueur tandis que la chaudière du second type dont la surface de chauffe est moindre aura 2m,15 de diamètre et 8m,50 de longueur, avec la maçonnerie de briques en plus, et elle ne vaporisera en une heure que la moitié du poids que la chaudière de locomotive transformera en vapeur.

Le matériel du transport des chemins de fer s'est modifié en même temps que le matériel de traction. Les anciennes voitures de première classe pesaient 3,300 kilogrammes; les caisses avaient 4m,50 de long et 2 mètres de largeur; elles étaient disposées pour recevoir 18 voyageurs. Les voitures ont été agrandies de telle sorte que pour le même nombre de places elles ont actuellement 6m,35 de longueur et 2m,28 à 2m,44 de largeur et pèsent de 7 à 9 tonnes.

L'accroissement dans les dimensions, le poids, et le confortable des voitures s'est produit à mesure que le public était porté à demander plus de commodités, de vitesse et en même temps de sécurité.

Les wagons à marchandises se sont également modifiés; à l'origine les wagons employés quelques années après l'ouverture du chemin de fer de Liverpool à Manchester, en 1829, étaient de simples plates-formes de 2m,50 de longueur portées sur quatre roues et ayant des bords de 0m,10 à 0m,25 de hauteur; le poids allait de 2 1/2 à 3 1/2 tonnes et on pouvait y charger 2 tonnes de marchandises.

L'uniformité du matériel de transport est une chose de première importance. Une des plus graves difficultés qu'ait rencontrées l'exploitation des chemins de fer a été le défaut d'entente entre les directions des diverses lignes, quant aux types de véhicules à employer. Il en est résulté que certaines compagnies ont du matériel qui ne peut pas être employé sur toutes les lignes. On peut d'ailleurs admettre que la considération qu'on a pu avoir souvent pour les idées de clients tels que les grands entrepreneurs de transport et leurs agents, les entrepreneurs, les marchands de bois, négociants divers, etc., n'a pas été étrangère à ce manque d'uniformité. Malgré ces difficultés on arrive peu à peu à des types de wagons bien arrêtés; la charge de 10 tonnes est probablement le maximum pour la pratique ordinaire.

La voie, la construction, les installations de gares ont été modifiées, augmentées, et même refaites d'une manière correspondante.

La différence de la largeur de la voie, c'est-à-dire de l'écartement des rails a été souvent une source de difficultés. En Angleterre et en Écosse, il

y a des lignes à divers écartements entre 0^m,595, la plus petite voie exploitable commercialement et la voie de 1^m,440. En Irlande la voie normale à 1^m,600, en Espagne 1^m,675. Dans l'Inde, elle varie de 0^m,750 à 1^m,675.

La voie normale de 1^m,440 a prévalu sur toutes les autres en Angleterre et en Écosse. On s'est souvent demandé ce qui avait pu faire adopter pour l'écartement des rails un nombre fractionnaire (4 pieds 8 1/2 pouces). On suppose que la voie primitive des chariots ou tombereaux mesurée à l'extérieur des roues et qui était de 1^m,526 (5 pieds) a été adoptée pour l'écartement des rails mesuré à l'extérieur. La largeur des rails étant à l'origine de 43 millimètres (1 pouce 3/4) soit pour les deux 86 millimètres (3 1/2 pouces) l'écartement intérieur s'est ainsi trouvé être de 1^m,44, soit 4 pieds 8 pouces 1/2.

L'avantage des voies étroites a été très discuté et paraît avoir été très exagéré. L'écartement des rails est une question secondaire ; les dimensions du materiel roulant sont les éléments qui influent le plus sur le coût de la construction.

Le développement prodigieux du réseau des chemins de fer depuis cinquante ans a été la conséquence de l'accroissement du trafic et des facilités qui ont été offertes à cet accroissement. Avant l'établissement du chemin de fer, il y avait de 20 à 30 diligences circulant tous les jours entre Liverpool et Manchester. Pendant les premiers dix-huit mois qui suivirent l'ouverture, le chemin de fer transporta 700,000 voyageurs, soit une moyenne de 1,270 par jour et un accroissement correspondant se produisit dans le tonnage des marchandises transportées.

La ligne ne resta pas longtemps à l'état de voie de communication isolée et indépendante. Longue de 48 kilomètres à l'origine, elle fut promptement mise en relation avec toutes les villes importantes de la Grande-Bretagne, pour former ensuite partie d'un réseau de voies ferrées appartenant à une seule compagnie réunissant une longueur de 2,900 kilomètres et représentant en travaux et en matériel un capital de plus de 2 1/2 milliards de francs.

Sur tous les chemins de fer, le transport des voyageurs a été reconnu une des sources les plus fécondes de revenu. Il s'est développé avec une extrême rapidité. Il y a quarante ans M. Porter, dans son ouvrage intitulé « The progress of the Nation » estimait que, dans la Grande-Bretagne, 82,000 personnes par jour ou 30 millions par an étaient transportées par les voitures publiques à une distance de 20 kilomètres au tarif moyen de 0 fr. 30 par kilomètre, soit 6 francs par personne ; en 1881, plus de 600 millions de voyageurs étaient transportés annuellement par les chemins de fer à raison de 1 franc en moyenne chacun, ce qui, au tarif moyen de 8 centimes par kilomètre, donne un parcours moyen de 12,5 kilomètres ; on voit que si le tarif est réduit au quart à peu près, le parcours moyen est réduit aux deux tiers.

Le trafic des voyageurs s'est considérablement accru depuis trente ans. En 1854 le nombre des voyageurs transportés par chemins de fer a été

de 111 millions, dont 13 pour 100 en première classe, 34 pour 100 en seconde et 53 pour 100 en troisième classe et dans les voitures parlementaires.

En 1873, l'année qui a précédé celle où le Midland a supprimé les secondes classes, il a été transporté plus de 455 millions de voyageurs dont 8 1/2 pour 100 seulement en première classe, 15 pour 100 en seconde et 76 1/2 pour 100 en troisième.

En 1881, le chiffre total a atteint 623 millions de voyageurs soit six fois autant qu'en 1854. Sur ce nombre, 6 pour 100 appartiennent à la première classe, 10 1/2 à la seconde et 83 1/2 à la troisième classe et à la catégorie parlementaire. Ces proportions indiquent une diminution croissante pour les première et deuxième classes et une augmentation correspondante pour la troisième.

Les recettes donnent des résultats analogues. Ainsi on trouve pour trois années différentes par kilomètre.

	1re	2e	3e
1854	8,725 fr.	10,400 fr.	9,550 fr.
1873	6,850	6,250	18,425
1881	5,225	4,750	21,150

En 1854, les recettes réunies de première et seconde classes faisaient les deux tiers des recettes totales relatives aux voyageurs. Elles ont décru rapidement dans la période de 1854 à 1873 et encore plus de 1873 à 1881, tandis que les recettes des troisièmes classes augmentaient considérablement. Ce fait est d'autant plus remarquable que le nombre des voyageurs de première classe qui était de 14 1/2 millions en 1854, est devenu le triple en 1873, mais ce chiffre était resté le même, soit 38 millions, en 1881.

L'explication en est principalement dans le fait que les tarifs des premières classes ont été réduits dans plusieurs cas et que les surtaxes pour les express ont été presque partout supprimées ; et aussi en partie dans le fait que l'habitude de faire en troisième classe les longs trajets s'est répandue dans toutes les classes de la société, de sorte que les parcours en première classe étant devenus de moindre longueur en moyenne, sont moins rémunérateurs pour les compagnies qu'auparavant. La différence de prix entre les premières et les troisièmes est importante et la différence comme confortable est actuellement peu de choses ; aussi, dans ces conditions l'usage des troisièmes constitue une économie très appréciée du public. Mais, pour des trajets courts, la différence de prix est peu importante et il faut ajouter que les voitures de troisième qu'on trouve dans les trains de trafic local à arrêts fréquents, sont d'un type beaucoup moins confortable que celles qui font partie des trains express à grands parcours.

Quelle que soit l'explication qu'on puisse en donner, il y a un fait parfaitement établi, c'est que la proportion des voyageurs de troisième classe dépasse les quatre cinquièmes du nombre total de voyageurs, et que les recettes qui en proviennent font plus des deux tiers ; c'est donc la partie la

plus rémunératrice du produit des voyageurs. Aussi comprend-on difficilement les idées qui prévalent dans les compagnies françaises lesquelles n'encouragent pas l'usage des troisièmes. Les trains rapides ne contiennent pas de troisièmes et les voitures de cette classe semblent être rendues systématiquement incommodes et désagréables pour en détourner ceux que leurs ressources limitées appellent à en faire usage. Il en résulte que, dans ces cas, on ne voyage que par nécessité.

Au contraire, les tarifs peu élevés et le confortable des voitures invitent à la circulation; ils amènent le trafic, fait bien constaté depuis longtemps par les directions les plus intelligentes. La réduction de durée des trajets amenée par les trains express qui circulent à des vitesses de 65 à 80 kilomètres est une raison de plus d'augmentation de la circulation.

(*A suivre.*)

Chemins de fer à voie étroite en Saxe. — Nous trouvons dans l'*Organ* un résumé intéressant d'un travail donné par M. A. Birk dans l'*Oesterreischische Eisenbahn Zeitung* sur les chemins de fer à voie étroite de Wilkau-Kirchberg-Saupersdorf et de Hainsberg-Dippoldiswald-Schmiederberg dans le royaume de Saxe.

Tandis que l'on exécutait encore, à la voie normale, le premier chemin de fer secondaire construit en Saxe, de Pirna à la station aéro-thérapeutique de Berggieshubel sur une longueur de 15 kilomètres, avec prolongement sur des carrières très importantes et que l'on conservait encore la voie normale pour la ligne secondaire de 17 kilomètres de Schwarzenberg à Johanngeorgenstadt, on se vit obligé, principalement par suite de la configuration du terrain, d'exécuter à la voie de $0^m,75$ la ligne de Wilkau à Saupersdorf par Kirchberg, dont l'exploitation jusqu'à Kirchberg (6, 5 kilomètres) a commencé le 17 octobre 1881. On a adopté la même largeur de voie par la ligne de Hainsberg-Dippoldiswald-Schmiederberg.

Le chemin de Wilkau-Kirchberg peut être considéré comme un chemin de fer sur route, car la voie ne quitte la route que lorsque l'inclinaison de celle-ci devient par trop défavorable, c'est-à-dire en tout sur 1,400 mètres. Pour amener la ligne le plus près possible des nombreuses fabriques de Kirchberg, il a fallu la faire passer à travers cette petite ville bâtie très irrégulièrement et cette circonstance a eu une grande influence sur l'adoption de la voie de $0^m,75$. Malheureusement, de Kirchberg à Saupersdorf, la route a si peu de largeur qu'on a été obligé de donner une assiette spéciale à la voie sur la moitié à peu près du parcours.

Il en a été de même pour la ligne secondaire de Hainsberg-Dippoldiswald-Schmiederberg que l'on ouvrira après les précédentes et qui, suivant la pittoresque gorge de Rabenau, traversée elle-même par la Weisseritz, ruisseau aux zigzags désordonnés, exige une quantité d'ouvrages d'art hardis. Tantôt courant sur des murailles élevées et sur des digues en maçonnerie, tantôt suivant le fond de la gorge dans une profonde tranchée, la voie serpente le long de la vallée, perce l' « Ermite » par un tunnel de

18 mètres de longueur et franchit quatorze fois la Weisseritz aux flots rougeâtres et impétueux sur des ponts en fer ou en pierre. Plusieurs de ces ponts ont plus de 16 mètres de portée et 12 de hauteur. Les maçonneries sont en moellons ou en grès et ces ouvrages s'harmonisent admirablement avec leur entourage pittoresque.

Sur tous les chemins de fer secondaires du royaume de Saxe, on a pris comme maximum d'inclinaison 25 millimètres par mètre, mais les rayons des courbes sont très différents. Le plus petit rayon des lignes à voie normale est de 180 mètres, mais celui de la ligne de Wilkau à Kirchberg descend à 50 mètres. Les voies traversent les villages, passent à 1 mètre environ de distance, des maisons, clôtures, granges, jardins etc., et, si elles ne décrivent pas, comme les tramways italiens, des méandres extrêmement prononcés à travers les localités, on échappe au moins aux prescriptions rigides de l'administration, lesquelles rendent si difficile et si dispendieuse la construction des lignes principales. Les clôtures, haies, signaux acoustiques et optiques notamment sont absolument supprimés.

Les rails d'acier à patin sont fixés par des crampons sur des traverses en bois. Ces rails ont 87 millimètres de hauteur, 40 de largeur au bourrelet, 80 au patin, et $7^m,500$ de longueur; ils pèsent 15^k, 5 au mètre courant.

Ce poids peut paraître un peu faible en égard à celui des machines, lesquelles viennent toutes des ateliers de la fabrique saxonne de machines à Chemnitz (précédemment Rich. Hartmann).

Voici les dimensions principales des deux types de ces machines.

DÉSIGNATION.	VOIE NORMALE.	VOIE ÉTROITE.
Nombre d'essieux	2	3
Écartement des essieux	$2^m,000$	$1^m,800$
Diamètre des roues	$0^m,806$	$0^m,750$
Diamètre des cylindres	$0^m,260$	$0^m,240$
Course des pistons	$0^m,400$	$0^m,380$
Surface de grille	$0^{m2},58$	$0^{m2},53$
Surface de chauffe totale	$35^{m2}.70$	$30^{m2},06$
Nombre de tubes	110	108
Pression à la chaudière	12 kilogr.	12
Capacité des caisses à eau	2150 litres.	1500
Capacité des soutes à charbon	$2^{m3},15$	$1^{m3},5$
Hauteur d'attelage	$1^m,040$	$0^m,525$
Largeur totale	—	$1^m,800$
Poids à vide	14,250 kilogr.	—
Poids en service	18,760 kilogr.	15.600 kilogr.
Prix	21,875 fr.	20,625 fr.
Prix de la cloche à vapeur	375 fr.	375 fr.

La cloche à vapeur comporte un petit cylindre fixé sur la chaudière et dont le piston est relié à la bascule d'une cloche de façon à faire sonner

celle-ci quand le mécanicien admet la vapeur au petit cylindre. Un écriteau fixé à un poteau et portant d'une manière très visible la lettre A indique à quel point de la voie on doit faire fonctionner l'appareil; un autre écriteau avec la lettre E indique l'endroit où on doit cesser de faire sonner la cloche.

De tous les signaux acoustiques en usage sur les locomotives des chemins de fer sur routes, celui-ci semble le plus pratique, parce qu'il n'exige l'intervention des hommes de la machine que dans de très faibles limites.

En raison de la grande proximité des objets combustibles, on a dû, pour la sécurité, ajouter un pare-étincelles dans la boîte à fumée, sans compter celui que l'on dispose habituellement dans la cheminée. On a adopté le système Hohlfeld formé de trois rangées de fers à rebords qui sont juxtaposées en se recouvrant les unes les autres; on peut très facilement les enlever pour le nettoyage. Cet appareil se comporte admirablement, éloge que l'on peut faire également du frein Heberlein, lequel fonctionne d'une manière irréprochable sur les trains de la ligne Wilkau-Kirchberg.

Les voitures à voyageurs et les wagons à marchandises, construits sur des types spéciaux, étudiés par M. Bergk, dans les ateliers de Chemnitz, pour la ligne de Wilkau-Kirchberg, seront décrits avec dessins dans un numéro prochain de l'*Organ*.

Les constructions des gares sont, bien entendu, réduites au strict nécessaire. Les stations intermédiaires se composent, en principe, d'une ou deux voies de garage et d'un petit bâtiment servant de salle d'attente, lequel appartient généralement à un aubergiste ou cafetier qui base son industrie sur la soif toujours allumée des voyageurs et des agents de trains.

Les gares de raccordement avec les grandes lignes exigent des changements, croisements et garages plus importants. Sur une longueur totale de 950 mètres, les voies large et étroite présentent cinq croisements de sorte que la voie étroite conduit aussi bien à l'entrepôt des marchandises qu'aux quais de chargement. Il en résulte toutes les combinaisons désirables pour le service des marchandises.

On ne trouve de bâtiments proprement dits qu'aux stations terminus telles que Kirchberg, Saupersdorf et Berggieshubel, où l'on a construit des gares véritables, élégantes mais très simples et des hangars pour les marchandises et même des remises pour une ou deux machines ainsi que des alimentations d'eau.

Le principe de la simplicité et de l'économie adopté pour la construction est également suivi dans l'exploitation. La direction de chaque ligne est confiée à un chef d'exploitation ayant des connaissances techniques, lequel relève de la Direction générale des chemins de fer de l'État de Saxe. Chacun des employés subalternes remplit plusieurs fonctions; ainsi les conducteurs des trains sont chargés de la distribution des billets et les gardelignes s'occupent de l'entretien de la voie.

Les trains ne comprennent que des voitures de deuxième et troisième

classes ayant des plates-formes aux deux extrémités. Toutefois pendant les fêtes de Pâques, sur la ligne Wilkau-Kirchberg, l'affluence des voyageurs étant très considérable, on a dû, pour leur transport, recourir exceptionnellement à l'emploi de wagons à marchandises couverts et même découverts.

Le transbordement des marchandises que les trains de la ligne à voie étroite de Wilkau-Kirchberg apportent à Wilkau ne donne pas lieu aux difficultés qu'on est porté à supposer. L'opération se fait très rapidement et très aisément ; les frais peu élevés qui en résultent sont couverts par une légère augmentation du tarif de transport des marchandises.

Une course sur ces lignes secondaires et spécialement sur celle de la vallée de Gottlenba ne prouve pas seulement la nécessité qu'il y avait à établir ces voies de communication ; elle montre l'essor qu'elles donnent à l'agriculture et à l'industrie de ces contrées et la part considérable qu'elles fournissent à l'utilisation des forces et des produits de la nature dans ces vallées riches et fertiles. On établit actuellement des embranchements pour desservir de nombreuses usines et carrières. C'est un exemple remarquable de la satisfaction que les chemins à voie étroite sont appelés à donner aux besoins des populations agricoles et industrielles.

Chemins de fer sur routes et chemins à crémaillère. — Après la construction des lignes à grand trafic, lesquelles, malgré leur prix élevé d'établissement, donnent encore des produits rémunérateurs, les ingénieurs doivent se préoccuper de construire, au plus bas prix possible, des lignes qui, bien qu'avec un trafic réduit, donneront encore un revenu et dont les produits pourront s'augmenter par la suite, soit dans une proportion normale, soit par des circonstances particulières.

C'est à ces besoins que répondent les chemins de fer sur routes et les chemins à crémaillère. Ces deux genres de lignes reposent sur le même principe général, la construction de voies ferrées au plus bas prix possible et pour tous deux la condition principale est d'employer des machines plus faibles et circulant à une vitesse moindre. Cette dernière condition, la réduction de la vitesse, permet un système d'exploitation qui ne semble pas réalisable sur les lignes principales.

Comme, jusqu'à présent, on manquait d'un centre où l'on pût rassembler, examiner et comparer les résultats obtenus sur ces lignes spéciales parallèlement avec ceux des lignes principales, en leur donnant ainsi une valeur pratique, on pouvait craindre que beaucoup de temps et d'argent ne fût dépensé inutilement et qu'il ne se formât, au sujet de ces voies spéciales, un courant très divisé d'opinions qui barrât pour longtemps encore le chemin au progrès.

Aussi sur la proposition de la Direction Impériale des chemins de fer d'Alsace-Lorraine, l'Union des chemins de fer allemands, a-t-elle pris en main l'étude de la question. Elle a chargé un Comité technique de nommer une sous-commission pour étudier les lignes établies jusqu'ici au point de

vue de la construction et de l'exploitation, réunir les résultats déjà obtenus et faire un rapport accompagné de propositions au Comité technique.

Afin d'arriver à ce but, la sous-commission a adressé un questionnaire aux administrations de chemins de fer sur routes et un autre à celles de chemins à crémaillère, avec prière d'y répondre. Une partie de ces administrations, c'est-à-dire quarante-sept compagnies de chemins de fer sur routes et six de chemins à crémaillère ont répondu en donnant des détails plus ou moins complets.

Ces renseignements sur la construction et l'exploitation ont été examinés par la sous-commission, réunis en corps et publiés avec une grande quantité de dessins dans un supplément spécial de l'*Organ für die Fortschrittle des Eisenbahnwesens*. On doit considérer ce travail comme très intéressant et destiné à donner un point de départ sérieux aux perfectionnements à introduire dans la construction et l'exploitation de ces sortes de lignes et par suite à leur extension.

Ventilation dans les mines. — A la réunion du Comité technique des mines de Dortmund, réunion provoquée par la funeste explosion survenue dans une galerie de la mine Pluton, l'ingénieur C. Pelzer a fait une communication où il expose sommairement les principes de la ventilation des mines.

Les ventilateurs les plus en usage aujourd'hui produisent un courant d'air continu, par ce fait qu'à leur périphérie l'air est chassé par la force centrifuge : cet effet détermine à leur centre une raréfaction ou dépression d'air qui aspire de l'air frais par le canal de ventilation. Quand l'accès de ce tuyau d'aspiration est très étroit, la dépression devient relativement considérable et réciproquement ; elle atteindrait son maximum avec la suppression complète de l'admission de l'air. Mais la dépression dans le ventilateur est la seule force en vertu de laquelle puisse s'opérer l'aspiration de l'air des galeries de mines ; aussi, en raison de l'effet utile et de l'économie, il est à désirer qu'on puisse maintenir cette dépression d'une manière constante avec le moindre travail moteur possible ; par conséquent l'importance de la dépression doit être aussi restreinte qu'on le peut obtenir. Mais pour y contribuer il est également nécessaire que les masses d'air mises en mouvement ne rencontrent sur leur passage que le moins d'obstacles possible ; or ces obstacles peuvent devenir considérables, si, par exemple, l'air chassé rapidement dans des galeries étroites, rencontre des châssis de boisages, etc. Ainsi, dans une galerie de $1^m,20$ carrés de section, sur 1,000 mètres de longueur et contenant un volume de 1,200 mètres, il faudrait employer un travail moteur de 133 chevaux-vapeur, mais ce travail se trouverait réduit à 43 chevaux si la section de la galerie était portée à $1^m,8$ carré, ce qui réduirait la vitesse de l'air en mouvement.

Pour produire un effet utile sérieux, il faut donc trois choses : de larges sections, des parois bien unies et une vitesse modérée pour l'air. Pour

réaliser une bonne ventilation, on est, par suite, conduit à avoir à sa disposition deux puits dont l'un sert à l'aspiration de l'air frais et l'autre à l'évacuation de l'air vicié, car un seul puits, partagé en deux, ne saurait suffire pour ce double but. Si l'on veut obtenir de grandes vitesses, il faut, la pression croissant avec le carré de la vitesse, produire de grandes dépressions ; le seul moyen d'y arriver serait d'employer deux ou trois ventilateurs se commandant les uns les autres. Pour de grandes mines, il convient, avant tout, de répartir dans leur étendue le nombre de ventilateurs nécessaire ; mais il est très mauvais d'intercaler dans le circuit du courant principal des points écartés, même s'ils ne demandaient qu'une différence peu importante de pression ; parce qu'un tel obstacle mis au courant d'air nuit à la ventilation entière. Pour cet objet, il convient d'employer des ventilateurs mus à bras ou actionnés par des moteurs spéciaux. On peut recommander dans ce cas, les ventilateurs à hélice et comme moteurs de petites turbines à haute chute, ou encore le moteur hydraulique de Cremer, de Dortmund. Dans le puits de 700 mètres de profondeur, à température élevée, de Bruckenberg, près de Zwickau, on étudie l'installation d'un ventilateur à hélice de 1 mètre carré de section, actionné par l'air comprimé et il est probable que ce projet sera mis à exécution.

(*Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*).

Le pont Alexandre à Saint-Pétersbourg. — M. Lembke a fait à l'association polytechnique de Saint-Pétersbourg plusieurs communications intéressantes sur le pont Alexandre. L'auteur expose que la construction des ponts en Russie et particulièrement dans la capitale est soumise à diverses conditions, ainsi : 1° les rives du fleuve sont tout à fait plates ; 2° la température subit des variations considérables.

Il résulte de ces conditions que, si par raison de goût, on écarte l'emploi des poutres à treillis, on ne peut guère employer que des arcs d'un rayon très considérable qui, par suite des variations de température qu'ils sont appelé à subir, emploient une quantité relativement considérable de matériaux.

Le pont Alexandre a cinq travées en arc, plus une sixième plus petite formant pont tournant. Voici les diverses portées :

1 travée médiane de 74^m,70, flèche 6^m,57,
2 travées médianes de 65^m,10, flèche 5^m,38,
2 travées médianes de 53^m,30, flèche 4^m,05.

Les rapports des flèches aux ouvertures sont donc respectivement :

$$\frac{1}{11,3}, \quad \frac{1}{12,1} \quad \text{et} \quad \frac{1}{13,2}.$$

La partie supérieure des arcs est partout inférieure à la chaussée qui à la clef est de 4 mètres au-dessus. La largeur est de 23^m,50 ; la chaussée est pavée et les trottoirs dallés.

Les arcs ont des coins de calage, leur partie inférieure a une section en double T. La chaussée repose sur des plaques métalliques et les dalles des trottoirs sur des poutrelles transversales.

Le pont tournant est à une seule volée, sa longueur est à 21m,30; il se compose de huit poutres métalliques qui supportent un plancher en bois. L'appareil de roulement comporte 72 galets en fonte.

Les piles ont été fondues à l'air comprimé avec des caissons. Les efforts résultant des différences entre les températures extrêmes, varient entre 24 et 30 pour 100 de l'effort total subi par les arcs.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1882.

Rapport de M. Tresca sur la **Balance-compteur** de M. Vincent. — Cet appareil a pour objet de déterminer rapidement le nombre d'objets semblables et de même poids contenus dans un lot en donnant par la balance le rapport exact entre le lot tout entier et l'unité.

C'est un levier sur lequel agissent le plateau dans lequel on met le lot et une sebile contenant l'objet servant d'unité.

L'équilibre étant produit, le point où il a fallu placer la sebile pour l'obtenir indique, par une graduation, le nombre d'objets.

Cet appareil est fort commode pour compter de menus objets, tels que : boutons, agrafes, épingles, aiguilles, dés à coudre, boucles, vis, etc., et rendra d'utiles services, pour les rapports de vendeur à acheteur, et notamment d'ouvrier à fabricant.

Rapport de M. Sebert sur les **Appareils enregistreurs**, construits par MM. Richard frères. — Ces appareils sont des thermomètres, baro-

mètres et hygromètres, qui présentent ce caractère commun d'inscrire à l'encre et d'une façon continue leurs indications sur une feuille de papier quadrillé entraînée par un mouvement d'horlogerie.

La durée de la révolution du cylindre porte-papier est d'une semaine de de sorte qu'on change les feuilles tous les huit jours à heure fixe. Les génératrices sont espacées de deux en deux heures, les noms des jours de la semaine et les numéros d'ordre des heures sont inscrits à la partie supérieure. L'intervalle de deux heures correspond, sur les feuilles, à un écartement de 3 millimètres ; on peut ainsi facilement apprécier, à l'œil, la moitié de la distance de deux traits qui correspond aux heures impaires et même les quarts de ce demi-intervalle qui correspondent aux quarts d'heure.

Les baromètres sont des baromètres anéroïdes avec des coquilles formées de plaques minces d'acier soudées par les bords et dans lesquelles on fait le vide ; le nombre de ces coquilles peut être plus ou moins considérable ; il va jusqu'à huit pour les appareils destinés à des observations météorologiques.

Les thermomètres sont des thermomètres métalliques fondés sur l'emploi du tube courbe à section méplate de M. Bourdon ; ces tubes sont remplis d'alcool dont la dilatation modifie la courbure du tube.

Les hygromètres sont fondés sur l'emploi d'une membrane en baudruche tendue sur un tambour métallique ; le plus ou moins de tension de la membrane selon l'état de sécheresse de l'air se fait sentir sur le style enregistreur.

De la fertilité, par M. J.-B. Luwes, de la société Royale de Londres.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1882.

Notice biographique sur M. Le Play, par M. Lefébure de Fourcy, inspecteur général des mines.

Bulletin des travaux de chimie, exécutés en 1880 par les ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

Étude des **travaux exécutés au tunnel du Saint-Gothard** (note complémentaire), par M. Revaux, ancien élève externe de l'Ecole des mines. — Cette note est un complément d'une étude parue en 1879 dans les *Annales des mines* et relative à l'état des travaux de percement du tunnel du Gothard en 1877.

Elle contient quelques renseignements sur les perforatrices Mac Kean-Séguin, Frolich, Brandt et sur les lignes d'accès. Ce travail se termine par quelques considérations sur les nouveaux projets de percement des Alpes, mais ne fait aucune mention de certaines améliorations récemment proposées pour ces passages. Ce travail ne paraît pas du reste avoir été écrit bien récemment.

Note sur une **soupape de sûreté** de M. Godron, de Lille, par M. Olry ingénieur des mines. — M. Godron, professeur à l'Institut industriel de Lille, a proposé un système de soupape de sûreté à deux sièges situés dans le même plan; la partie centrale limitée par la zone de contact du siège intérieur communique habituellement avec l'atmosphère, mais, dès que la soupape se soulève, la vapeur pénètre dans la partie centrale et dès lors la pression de la vapeur agit sur la section totale de la soupape. Quelques expériences faites par l'auteur de la note indiquent qu'avec une faible levée, l'appareil rend impossible toute surélevation de pression dans les chaudières.

Rapport de la commission chargée d'examiner **le frein à air comprimé de M. Wenger**, par M. Vicaire, ingénieur en chef des mines. — Ce rapport à déjà paru dans les *Annales des ponts et chaussées* (voir comptes rendus de décembre 1882).

Carte des divisions administratives du service ordinaire des mines, par M. Keller, ingénieur en chef des mines.

Étude sur les **gisements de charbon et de bitume** de la Trinidad, par M. Cumenge, ingénieur des mines.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 2 décembre 1882.

Communication de M. Perrin sur le **compas d'angle Willaume**. Cet appareil est destiné à prendre l'angle formé par le cordeau, sous l'axe de croisement de deux stations successives en opérant de même que l'on fait pour les levés à la boussole, mais sans qu'on soit obligé de tenir compte pour celle-ci de la présence du fer. Il permet en outre d'opérer plus vite qu'avec la boussole et peut remplacer, jusqu'à un certain point, le

théodolite sur lequel il présente l'avantage de ne pas avoir de trépied, chose toujours gênante pour l'emploi dans les mines.

Communication de M. Maussier sur **l'extension de la formation de minerais de fer en grains dans la vallée de la Saône et du Rhône.**

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS.

Séance du 16 janvier 1883.

Communication de M. William Anderson sur les **Eaux d'Anvers**. — Anvers a une population de 200,000 habitants; c'est le troisième port d'Europe par ordre d'importance. L'alimentation d'eau ne se faisait jusqu'à ces derniers temps que par des puits et des canaux découverts. On a établi une prise d'eau sur la Nethe, affluent de l'Escaut, à 28 kilomètres d'Anvers. Mais les eaux de la Nethe étaient colorées, vaseuses et, traversant une contrée populeuse et fertile, présentaient de nombreuses chances de pollution.

On a eu l'idée de les purifier en les filtrant sur du fer spongieux dont les propriétés énergiques avaient été indiquées par les professeurs Bischof et Frankland et par M. Hatton; des expériences faites sur une grande échelle à Waelhem avaient confirmé cette action. Le système de filtrage consiste à faire passer d'abord l'eau à travers une couche de matière filtrante composée d'une partie de fer spongieux pour trois de gravier. L'eau chargée de fer est ensuite exposée à l'air et filtrée à travers du sable qui retient l'oxyde de fer.

La concession exigeait la fourniture journalière de 27,000 mètres cubes d'eau, mais on n'a encore établi les conduites et les machines que pour les 4 dixièmes de ce chiffre.

On a installé une conduite d'arrivée de $1^m,05$ de diamètre, deux bassins de décantation d'une capacité collective de 12,000 mètres cubes, une paire de pompes hélicoïdales d'Airy actionnées chacune par une machine indépendante pour élever l'eau à 9 mètres de hauteur sur les filtres à fer, trois filtres à fer spongieux d'une surface totale de 2,900 mètres carrés, trois filtres à sable de même superficie, deux réservoirs en fonte pour les eaux filtrées d'une capacité totale de 1,540 mètres cubes et deux paires de machines élévatoires à balancier de 170 chevaux chacune avec leurs chaudières et accessoires.

Comme la marée se fait sentir dans la Nethe, on a dû se borner à prendre l'eau à certaines périodes, soit seulement pendant trois quarts d'heure à peu près à chaque marée. Les bassins de décantation, qui contiennent le

volume nécessaire pour douze heures, ont été creusés au bord du fleuve et sont garnis de revêtements en pierres sèches. A cause de la nature difficile du terrain, on a préféré établir les filtres au-dessus du sol. Les bâtiments des machines et les cheminées ont été fondés sur pilotis.

Les environs d'Anvers étant absolument plats, on ne pouvait établir de réservoir élevé; les filtres sont placés à côté des machines et la distribution d'eau est assurée par le service continu de celles-ci; chaque paire est composée de deux machines actionnant des manivelles calées à angle droit l'une de l'autre, de sorte que la vitesse puisse varier sans difficulté entre des limites très écartées telles que 1 1/2 et 22 tours par minute. Pour éviter les effets de la gelée, on injecte dans l'eau, avant son entrée dans les pompes, un peu de vapeur; l'expérience de l'hiver dernier semble indiquer que ce procédé a été efficace.

Les résultats d'une exploitation de dix-huit mois ont été très satisfaisants; l'eau a toujours été claire et pure; l'éponge de fer n'a montré aucun signe de détérioration ou d'épuisement et le docteur Frankland qui a visité cette installation en fait un grand éloge non seulement au point de vue de la pureté chimique de l'eau, mais encore au point de vue de la destruction complète des bactéries et de leurs germes.

Le mémoire se termine par quelques considérations sur les appareils secondaires de la distribution, une comparaison entre le coût des tuyaux anglais et allemands, et la manière de faire les essais des conduites au fur et à mesure de leur pose. Les travaux de la distribution d'eau d'Anvers ont employé quinze mois et ont coûté 7 millions de francs.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

11e *livraison de* 1882.

La mine de plomb et de zinc de Monteponi, en Sardaigne, par Th. Gregori, de Milan.

Machine à vapeur à double effet de l'usine Cyclop, Mehlis et Behrens, à Berlin.

Grue sur ponton de 60 tonnes de force. Par M. W. Theis, de Palerme.

Le peroxyde d'hydrogène, et ses applications en technologie, en chirurgie, et en médecine, par le Dr P. Ebell, de Pfungstadt.

Expériences sur la quantité de vapeur et d'eau nécessaires au fonctionnement d'une machine à vapeur horizontale Compound, par M. K. Morgenstern, inspecteur des usines royales de Leipzig.

Des propriétés de résistance des métaux, et particulièrement du fer et de l'acier, d'après de nouvelles recherches, par M. R. Kosch, de Breslau.

De la régénération de la chaleur, par M. A. de Boischevalier, à Stolberg, près d'Aix-la-Chapelle.

Appareils hydrauliques pour cages d'extraction, par M. Frantz, mécanicien en chef à Sulzbach.

Agriculture. — Construction et conduite de machines à couper la paille.

Industrie minière. — Résultats obtenus avec la perforatrice de « Brand. »

Compresseur d'air humide de Richter et Paschke.

Appareils automatiques pour extraction, indépendants des câbles, de Wischnowski.

Statistique des câbles de mines.

De la ventilation des mines.

Ponts. — Le pont Roch, à Berlin.

Le pont Alexandre, à Saint-Pétersbourg.

Fondations pneumatiques.

Chauffage et ventilation. — Palais de Justice de Dresde.

L'Établissement Royal Géologique et l'Académie des mines à Berlin.

Chauffage à eau de l'Hôtel de la compagnie Royale des Assurances contre l'incendie, à Munich.

Chauffage par vapeur à basse pression, par A. Bechem.

Utilisation des souffleries pour la ventilation.

Mélangeur d'air de Kelling, pour chauffage à air chaud.

Littérature. — La machine à gaz. Essai d'exposition de sa construction et de son fonctionnement.

Correspondance. — Nouveaux freins.

Des indicateurs différentiels.

Lettre du Dr W. Siemens relative à la priorité d'invention de la machine Dynamo-Électrique.

12e *livraison de* 1882.

Des nouveaux progrès de la fabrication du sucre, par J. Lach, de Neustadt-Magdebourg.

Du forage des puits, par R. Wolf, de Buckau.

Tracé graphique du travail d'une machine à vapeur, par R. R. Werner, de Darmstadt.

Des propriétés de résistance des métaux, particulièrement du fer et de l'acier, d'après de nouvelles expériences, par F. Kosch, de Breslau.

Traitement métallurgique du plomb, du cuivre, de l'argent, des alliages.

Nouvelle application de la Règle de Simpson, par E. Gœcke, de Bredow.

Traitement métallurgique du fer.

De la production du fer en fusion et de l'acier dans le creuset Bessemer, par le traitement acide ou basique.

Travaux de la Kœnigstrasse à Hanovre.

Étude sur les ponts en fer pour les chemins de fer.
Les ponts sur la Tamise, à Londres.
Le viaduc sur la vallée de la Nidda, près d'Assenheim.
Pont sur le port de Libau.
Machines-outils :
Machine à aiguiser de la Compagnie « Tanite. »
Traitement métallurgique du fer :
La Bauxite, et son application à la production de ciment avec des scories de hauts fourneaux.
Littérature :
Le manuel de poche de l'Ingénieur, par la Société « Hütte. »
Dictionnaire technologique anglais-allemand, par Gustave Eger.
Correspondance.
Résultats de l'établissement d'essai des combustibles de Munich.
Chemins de fer funiculaires et chemins à cremaillère.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ.

EN FRANÇAIS.

Académie des Sciences (Comptes rendus de l').
Aéronaute (l').
Annales de la Construction.
Annales des Chemins vicinaux.
Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.
Annales des Mines.
Annales des Ponts et chaussées.
Annales des Travaux publics.
Annales industrielles.
Association amicale des anciens élèves de l'École centrale.
Association des élèves sortis de l'école de Liège.
Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur.
Astronomie (l').
Bulletin des Mines.
Bulletin du canal interocéanique.
Bulletin du tunnel du Simplon.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne.
Bulletin officiel de la Marine.
Bulletin séricole français.
Chronique industrielle.
Comité des forges de France.
Constructeur (le).
Écho Industriel (l').
Économiste (l').
Électricien (l').
Encyclopédie d'architecture.
Fer (le).
Gazette des architectes et du bâtiment.

Génie civil (le).
Houille (la).
Ingénieur (l') (Traduction de l'*Engineering*).
Journal d'agriculture pratique.
Journal de la Compagnie transatlantique.
Journal des Chambres de commerce.
Journal des Chemins de fer.
Journal des Fabricants de sucre.
Journal des Mines.
Journal des Travaux publics.
Journal du Céramiste et du Chaufournier.
Journal Officiel.
Machines-outils (publication industrielle des).
Matériel agricole (le).
Ministère des Travaux Publics (bulletin du).
Monde de la Science et de l'Industrie.
Mondes (les).
Moniteur des fils et tissus.
Moniteur des Intérêts matériels.
Moniteur des Produits chimiques.
Moniteur des Travaux publics.
Moniteur Industriel.
Musée de l'Industrie de Belgique.
Observatoire de Rio-Janeiro (Annales et bulletins de l').
Organe des Mines.
Papeterie (la).
Petites affiches (les).
Portefeuille économique des Machines.
Revue d'Artillerie.
Revue des Chemins de fer.
Revue des Industries chimiques et agricoles.
Revue générale d'architecture.
Revue générale des Chemins de fer.
Revue horticole.
Revue maritime et coloniale.
Revue universelle.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.
Semaine des constructeurs (la).
Semaine financière (la).
Société académique de Lyon.
Société académique franco-hispano-portugaise.

Société de Géographie.

Société de Géographie commerciale de Bordeaux.

Société de l'Industrie minérale.

Société d'encouragement.

Société de protection des apprentis.

Société des Agriculteurs de France.

Société des anciens élèves des écoles d'Arts et métiers.

Société des Sciences de Lille.

Société des Sciences industrielles de Lyon.

Société française de Physique.

Société hispano-portugaise de Toulouse.

Société industrielle de Mulhouse.

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.

Société industrielle de Reims.

Société industrielle du Nord de la France.

Société nationale d'agriculture de France.

Société scientifique industrielle de Marseille.

Société technique de l'Industrie du gaz.

Société vaudoise des Ingénieurs et architectes.

Société vaudoise des sciences naturelles.

Sucrerie indigène (la).

Technologiste (le).

Union des Ingénieurs sortis de l'Université catholique de Louvain.

Union géographique du nord de la France.

ALLEMANDS.

Annales Glaser.

Achitekten und Ingenieur Vereins im kõnigreiche, Bohmen.

Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover.

Bulletin de l'administration des Travaux publics de Prusse, (centralblat der Bauverwaltung).

Dingler's polytechniches Journal.

Eisenbahn (Suisse).

Eisenbahn Zeitung osterreischischen.

Niederosterreichischen Gewerbe vercines.

Organ.

Osterreischischen Ingenieur und architekten vereines.

Vereines deutscher Ingenieure.

ANGLAIS et AMÉRICAINS.

American academy of Arts and Sciences.
American Engineer.
American Society of civil engineers.
American Institute of mining engineers.
Association of engineering Societies.
Engineer (the).
Engineering.
Enginering news.
Franklin Institute.
Institution of civil engineers.
Institution of civil engineers and schipbuilders.
Institution of mechanical engineers.
Iron.
Iron and Steel Institute.
Master Car Builders association.
Midland Institute.
Navy département (Washington).
North of England institute of mining engineers.
Railroad gazette.
Society of arts (journal of).
Society of engineers.
Society of telegraph and of electricians.

ESPAGNOLS.

Associacion central de ingeniores industriales.
El porvenir del Industria.
Revista des obras publicas.

ITALIENS.

Academie des sciences de Rome.
Esplorazione (l').

Giornale dei Lavori pubblici.
Politecnico (il).
Société des Ingénieurs Industriels de Turin.

HONGROIS, POLONAIS, RUSSES et SUÉDOIS

L'Ingénieur (Saint-Pétersbourg).
Magyar mernok ès Epitesz (Pesth).
Prezeglad techniczng (Varsovie).
Teknisk Tidskrift (Stockolm).

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Fig. 5.

un ouvrage d'art. Profil réglementaire.

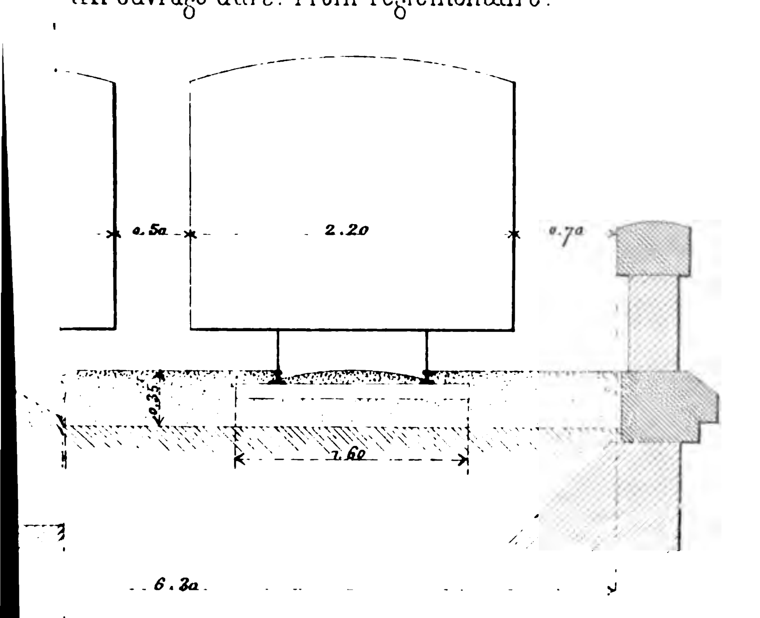
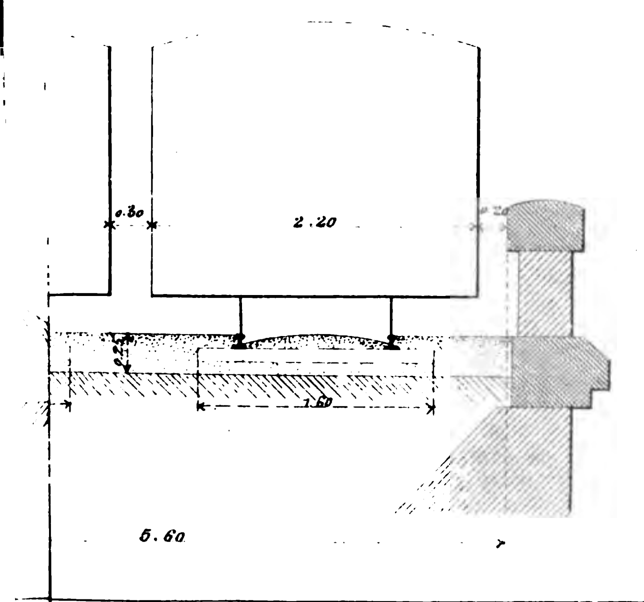


Fig. 6

ie sur un ouvrage d'art . Profil modifié.



1141
Auto.-Imp. A. Broise et Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1885

N° 2

Pendant le mois de février, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Décès* de M. Vuillemin (séance du 2 février, page 156).

2° *Résistance des matériaux. Construction de gazomètres*, par M. Arson (séance du 2 février, page 159).

3° *Machines locomotives à voyageurs et une machine de même type transformée en machine Compoud* (Essais comparatifs faits sur des) par M. Mallet (séance du 2 février, page 162).

4° *Mouture* de MM. Mariotte frères et Boffy (Nouveau procédé de), par M. Casalonga (séance du 2 février, page 171).

5° *Enseignement économique dans les écoles techniques industrielles*, par M. Georges Salomon (séance du 16 février, page 175).

6° *Transport de l'énergie sous forme mécanique par les machines Dynamo-électriques*, par M. Cabanellas (séance du 16 février, page 179).

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

De M. Eugène Miotat, architecte, un exemplaire d'une brochure sur l'*Assainissement de Paris, suppression complète de la vidange*.

De MM. G.-A. Hirn et O. Hallauer, un exemplaire de leur *Réfutation d'une seconde critique* de M. G. Zeuner.

De M. J. Meyer, un dossier complet sur la *Traversée des Alpes par le Simplon.*

De M. Vérard de Sainte-Anne, des documents relatifs à un *Pont sur la Manche.*

De M. Casalonga, membre de la Société, un mémoire sur le nouveau procédé de mouture de MM. Mariotte frères, de Boffy.

De MM. Ducher et Cie, éditeurs, un exemplaire d'un mémoire de M. le Dr T. Pridgin Teale, sur les *Dangers au point de vue sanitaire des maisons mal construites*, traduit de l'anglais par M. J. Kirk.

De M. Montagnier, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur les *Fondations à l'air comprimé sans incorporation de fer dans la maçonnerie.*

De M. Planès, ingénieur, un exemplaire d'une notice sur le *Chemin de fer aérien ou planisphérique dans Paris.*

De M. Melsens, un exemplaire d'un rapport de M. Rousseau sur les *Paratonnerres.*

De MM. Plocq, inspecteur général des ponts et chaussées, et Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire de leur étude sur les *Ports d'Angleterre, d'Allemagne, de Belgique et de Hollande.*

De M. l'abbé Moigno, deux exemplaires de son *Catalogue de* 4,500 *photographies sur verres, de tableaux et appareils divers.*

De M. Henrivaux, membre de la Société : 1° un exemplaire de son ouvrage sur le *Verre et le Cristal;* 2° un exemplaire de son ouvrage sur les *Laboratoires de chimie.*

De M. Pourcel, membre de la Société, un exemplaire de ses notes intitulées : *On the Manufactures of solid steel castings.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Baudoux-Chesson,	présenté par MM.	Douau, Moreau A. et Vallot H.
	Hallier	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Harlinque	—	Gottereau, Mallet et Péligot.
	Jarre	—	Carimantrand, Mallet et Périssé.
	Jubert	—	Carimantrand, Marché et Rubin.

Lemercier présenté par MM.		Buron, Durant et Forquenot.
Moulle	—	Bougault Legrand et Mesnard.
Grangey	—	Halphen, (E.) Levi (Georges) et Marché.
Quehen	—	Carimantrand, Mallet et Périssé.
Rochet	—	Berton, Cerbelaud et Verdeaux.
Ropsy-Chaudron	—	L. Francq, Pontzen et Schaller.

Comme Membres associés :

MM. Badon-Pascal, présenté par		MM. Martin, (Louis), Maure et Molinos.
Cauvin	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Lemaréchal	—	Carimantrand, Luchaire et Marché.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1885

Séance du 2 Février 1885.

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Les procès-verbaux des séances du 12 et du 19 janvier sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Vuillemin, ancien Président et Président honoraire de la Société. M. Vuillemin, ingénieur en chef, conseil du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, est sorti de l'École centrale en 1835; il a été nommé membre du Comité de la Société en 1864, vice-président en 1867, 1868 et 1869, président en 1870, et président honoraire en 1873. En 1868, M. Vuillemin, en collaboration avec MM. Guébhard et Dieudonné, avait obtenu le prix institué par M. Perdonnet, pour le meilleur mémoire sur la résistance des trains; c'est une étude devenue aujourd'hui classique, et dont les résultats sont consultés journellement par tous ceux qui s'occupent des chemins de fer. M. Vuillemin est resté, exceptionnellement, Président de la Société pendant une année et demie, en 1870-71, les événements de la guerre n'ayant pas permis de faire les élections habituelles; il a eu une lourde tâche à remplir, celle de présider les séances spéciales que la Société a tenues pendant le siège de Paris; il a été, pendant cette période difficile, membre de la commission du Génie civil, instituée pour la fabrication des armes destinées à la défense de la capitale, commission dont faisaient également partie nos collègues, MM. Tresca, Martin et Laurens.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Tresca, Président honoraire de la Société, qui a été plus particulièrement le collaborateur et l'ami de M. Vuillemin, et qui s'exprime ainsi :

La mort de M. Vuillemin m'engage à sortir de ma réserve habituelle

et à vous demander la permission de vous entretenir quelques instants de cet homme de bien, si ferme et si dévoué, dont j'ai pu apprécier le haut patriotisme pendant les douloureuses épreuves de l'année de l'invasion.

Le ministère des travaux publics, dont notre regretté collègue, M. Victor Bois, était alors le chef de cabinet, crut, à son instigation, devoir constituer une commission spéciale d'ingénieurs qui aurait à pourvoir aux divers travaux que la défense nationale exigerait à Paris même. C'est à la solide amitié qui m'unissait depuis longtemps à Victor Bois que je dus l'honneur, immérité sans doute, d'avoir à organiser et à présider cette commission, à laquelle je m'empressai de faire appeler le président de la Société des ingénieurs civils, qui était alors M. Vuillemin, M. Laurens à titre de président de la Société des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures, et le président de la Société des anciens élèves des écoles d'arts et métiers qui était à ce moment M. Martin. M. Lecœuvre, désigné comme secrétaire, prit part à tous nos travaux et on nous adjoignit, quelques jours plus tard, dans cette Commission du génie civil, M. l'ingénieur des mines Martelet, dont la présence nous assurait la bienveillance des corps des mines et des ponts et chaussées. La gravité des circonstances demandait que l'on sollicitât tous les concours pour une œuvre, encore incertaine dans son programme, mais qui exigerait sans doute de grands efforts.

Tous les dévouements nous vinrent en aide, et je conserve, comme un souvenir précieux, la liste de tous nos collaborateurs, parmi lesquels, Messieurs, vous étiez, je tiens à le rappeler, en grande majorité.

Nous avons pu, grâce à ce concours, organiser un service de salubrité, un service de secours contre l'incendie, et pourvoir à d'autres opérations vicinales. Nos pompes à vapeur, achetées en toute hâte en Angleterre, sont entrées à Paris la veille de la fermeture et ont formé, sous la direction de plusieurs d'entre vous, le premier noyau du service actuel.

L'examen de la plupart des propositions relatives à la sécurité publique nous était déférée directement par M. Dorian, Ministre des travaux publics, et nous ne nous attendions pas à ce que le ministre de la guerre lui-même, malgré des résistances dont il n'y a pas lieu de parler en ce moment, nous fît demander de vouloir bien nous charger de la confection des affûts, que l'état de vétusté de ceux des remparts rendait absolument urgente.

Avec quel empressement notre personnel d'ingénieurs volontaires se mit-il à l'œuvre? Avec quel zèle les principales compagnies de chemins de fer nous ouvrirent-elles les ressources de leurs ateliers? Avec quel désintéressement, que je tiens tout particulièrement à louer comme il le mérite, nos principaux constructeurs de machines acceptèrent-ils des commandes dans lesquelles M. Vuillemin savait si bien tracer la limite de leurs prix de revient, sans la dépasser? Ce sont là des faits oubliés aujourd'hui, mais qui nous conduisirent successivement à faire construire 300 canons de 7, 2500 affûts et voitures d'artillerie de tous calibres, des affûts de marine même, 200 mitrailleuses Gatling et Christophe, et une quantité de projec

tiles telle qu'au moment de l'armistice, nous n'avions plus à Paris d'autre fonte à employer que celle des grilles des arbres de nos boulevards.

Le moment serait peut-être venu de faire connaître nos efforts, nos succès et nos tristesses, à cette époque fatale de notre histoire, mais ce que j'ai le devoir de dire aujourd'hui même, c'est que Vuillemin a été le plus laborieux d'entre nous. Huit mois entiers nous avons vécu de la même vie, des mêmes inquiétudes, dans notre installation du Conservatoire des arts et métiers et je veux ajouter que si dans notre comptabilité, dont le chiffre total a dépassé 12 millions de francs, pas une seule erreur n'a été relevée par le contrôle administratif, c'est encore, pour une grande part, à Vuillemin, à sa parfaite entente des contrats et à son impassible rigidité d'homme d'affaires que nous en sommes redevables.

Et cette affirmation est telle à mes yeux que je ne crains pas de dire, sans avoir pu cependant consulter mes anciens collègues, qu'ils me sauront gré d'avoir cherché à faire prévaloir, même au-dessus des leurs, les mérites de celui dont nous apprenons aujourd'hui la perte.

Pourquoi d'ailleurs ne le dirais-je pas aussi, car il m'en est resté une émotion indescriptible : On était, sur la rive gauche, au plus fort de la lutte; nos canons garnissaient les remparts depuis Grenelle jusqu'à Montrouge; ils étaient pour la plupart livrés à des artilleurs improvisés. C'est alors que Vuillemin me proposa de venir avec lui les visiter. Devant chaque pièce il donnait ses instructions, il en démontrait la manœuvre et prenait note des imperfections du matériel avec la même tranquillité que s'il eût été au travail dans son cabinet du chemin de fer de l'Est. Et pendant ce temps-là nous étions sous le feu de l'ennemi, sans même que Vuillemin tressaillît à l'explosion de leurs nombreux projectiles. Je n'aurais jamais cru qu'un homme aussi modeste, aussi simple dans ses manières, pût être aussi courageux.

Cependant je ne me suis pas étonné de la terrible secousse qu'il a si vivement ressentie quelques mois plus tard dans la délimitation définitive du chemin de l'Est avec l'Allemagne. Il s'agissait alors d'un intérêt français et non plus de sa propre sécurité! C'est à la suite de cette discussion si pénible qu'il est, pendant longtemps, resté physiquement paralysé; mais son cœur, mais ses souvenirs et ses sentiments étaient restés vivaces et patriotiques, et s'il était encore dans cet état, ce que je viens de vous dire de lui, tout en étonnant sa modestie, le ferait constamment pleurer au souvenir du devoir si tranquillement accompli.

Par sa parfaite connaissance des travaux, par sa fermeté, par sa droiture, Vuillemin méritait de vous être présenté une dernière fois, sous sa véritable et sympathique physionomie. Je vous remercie d'avoir bien voulu me permettre de m'acquitter de ce devoir de profonde estime et d'amitié sincère.

M. le Président rappelle à M. Tresca qu'il a promis à plusieurs reprises de faire connaître à la Société le récit des efforts courageux qui ont été faits, et des résultats remarquables qui ont été obtenus à cette

époque : il vient de dire lui-même que le moment en était venu. M. le Président insiste de nouveau auprès de M. Tresca, pour que cette page glorieuse de l'histoire de la Société figure dans ses archives.

M. Tresca répond que, sans pouvoir promettre une solution à bref délai, il fera son possible, dès que sa santé et ses travaux actuels le lui permettront, pour déférer au désir exprimé par M. le Président.

M. le Président donne la parole à M. Arson pour une communication qui n'est pas à l'ordre du jour, mais qui se recommande par son intérêt et son actualité.

M. Arson remercie M. le Président d'avoir bien voulu lui permettre de prendre la parole quelques instants : il s'agit d'une expérience qui se poursuit actuellement aux usines de la Villette, et dont le but est de vérifier la résistance de certaines pièces d'une disposition nouvelle, dans la construction des gazomètres. Cette expérience, comme vérification des formules de la résistance des matériaux, n'aurait en elle-même aucun intérêt, si elle ne se rattachait pas à la solution d'un problème particulier, sur lequel M. Arson demande la permission d'appeler quelques instants l'attention de ses collègues.

Tout le monde sait que la cloche d'un gazomètre est entourée d'une charpente métallique qui lui sert de guidage ; et qui est une des conditions de son bon fonctionnement, et l'on conçoit quels soins l'on doit apporter à cette partie de la construction.

On peut diviser en deux classes principales les différents systèmes de charpente employés, et qui se partagent à peu près également la totalité des gazomètres existants. Celui qui est adopté par la Compagnie Parisienne se compose d'un ensemble rigide formé de colonnes réunies par des cadres, où pièces horizontales encastrées dans les colonnes, et constituant un tout solidaire de pièces robustes et peu nombreuses. En Angleterre, au contraire, le système employé est différent ; les pièces qui composent la cage sont petites, nombreuses, de telle sorte que l'on ne saisit pas bien, au premier abord, l'importance du rôle de chacune d'elles.

Un exemple de ce dernier type nous est offert par le gazomètre colossal que l'on vient de construire à Londres, et qui représente un volume six fois plus considérable que les plus grands de ceux que nous possédons en France.

Ces deux systèmes se caractérisent par un point important à signaler ; dans celui de la Compagnie Parisienne, les pièces s'exécutent entièrement à l'atelier où elles sont complètement ajustées ; le montage sur le terrain consiste en un simple assemblage, au moyen de boulons, des pièces préparées à l'avance ; dans le second système de construction, au contraire, beaucoup de détails s'exécutent sur place ; il existe de nombreuses tiges, à vis de rappel, et bien des pièces se terminent au montage même. C'est dans ces conditions qu'a été construit le grand gazomètre de Londres, œuvre très remarquable sans doute, mais dont l'application

ne peut être faite que dans certains cas spéciaux, et ne se prête pas à l'exécution économique de gazomètres du même type édifiés dans différentes usines où ils doivent être expédiés ; dans ce cas, la première méthode, où toutes les pièces sont préparées d'avance, est de beaucoup la plus avantageuse.

M. Arson explique que la difficulté principale consiste dans l'assemblage des poutres avec les colonnes ; les premières sont formées d'une âme avec cornières et plates-bandes ; les secondes sont faites d'un cylindre de tôle mince, de 0m,80 de diamètre. Dans les gazomètres construits jusqu'à ce jour, on a tourné la difficulté en assemblant sur la poutre en haut et en bas des colliers qui embrassent la colonne et augmentent sa résistance en ce point. Mais ce système n'est plus applicable aujourd'hui, pour des gazomètres qui atteignent 26m de hauteur, pour lesquels le transport et le levage des colonnes offrent de grandes difficultés. M. Arson a alors eu recours au principe suivant : au lieu de faire les colonnes d'une seule pièce, il constitue, au moyen des poutres, un cadre rigide complet posé sur une première rangée de tronçons de colonnes sur lesquelles reposent les angles du polygone ; au-dessus de ce premier cadre, une deuxième rangée de tronçons de colonne, et ainsi de suite ; la résistance est donc concentrée dans la poutre, qui est continue, et l'assemblage se réduit à poser le cadre parfaitement d'équerre sur la colonne. C'est la vérification de la résistance de cet assemblage qui fait l'objet de l'expérience en cours à l'usine de la Compagnie. Un tronçon de colonne supporte deux côtés du cadre, à chacun desquels est suspendue une charge de 2,500 k., correspondant à l'effort produit par un vent de 45m par seconde, vitesse bien supérieure à celles qui ont été observées dans nos régions. M. Arson se met à la disposition des membres de la Société que cette expérience pourrait intéresser.

M. le Président remercie M. Arson de son invitation, et lui demande de vouloir bien indiquer quelle heure lui conviendrait pour cette visite.

M. Arson répond que le lendemain, à partir de 2 heures, il se mettra à la disposition de ceux de ses collègues qui voudront bien se rendre aux usines de la Villette.

M. le Président demande à M. Arson si l'expérience en question a pour but de vérifier la résistance du cadre ou bien la manière dont se comporte la colonne.

M. Arson répond que le but est d'expérimenter l'assemblage du cadre avec la colonne ; il pense que les formules qui servent à calculer la résistance propre de la colonne, ainsi, sont d'un usage assez courant dans la science de la résistance des matériaux pour n'avoir pas besoin d'être vérifiées ; le seul point qui mérite une vérification, c'est l'assemblage de ces deux pièces.

M. le Président pense qu'au contraire la théorie relative à la résistance des colonnes est peut-être moins connue que celle de la flexion des poutres métalliques.

M. Arson explique alors au tableau comment est disposé l'appareil en question. Il montre comment l'action du vent, agissant sur les colonnes par l'intermédiaire de la cloche et des galets, tend à fausser l'assemblage de celles-ci avec les poutres ; il explique comment on peut assimiler cette action à celle d'une charge verticale, telle qu'un poids appliqué aux poutres et produisant un mouvement équivalent à celui de l'action du vent dont il a déjà parlé. Une expérience sur l'ensemble de l'ouvrage n'était pas possible, mais le résultat est le même en étudiant chacun des assemblages qui se répètent identiquement dans la construction tout entière. Par l'effet de la continuité des poutres, les colonnes se trouvent en quelque sorte désintéressées de la résistance propre qui leur était demandée par l'emploi du premier système d'assemblage.

M. le Président dit que les efforts étant horizontaux comme les poutres elles-mêmes, il lui paraît difficile d'obtenir un effet identique au moyen de forces verticales ; il serait tenté de renverser le mode d'expérimentation, en plaçant la colonne horizontalement pour avoir sur les assemblages des efforts produits par le vent.

M. Arson répond que la poutre qui peut résister à l'effort de flexion produit par une charge, lui paraît *à priori* suffisamment résistante pour supporter cet effort agissant dans le sens même de sa longueur ; il croit donc que l'expérience ainsi faite serait superflue. Il ajoute que les flexions observées pendant l'essai ont pleinement justifié les prévisions du calcul.

M. de Comberousse dit que l'action du vent est sensiblement horizontale, et ne s'écarte de cette direction, dans nos climats, que d'un angle d'environ 10 degrés ; il se demande si l'expérience, telle qu'elle est faite, répond bien à la réalité des faits.

M. Arson répond que, s'il s'agit de la stabilité générale de l'ouvrage sous l'action du vent, la question a déjà été traitée, et la solution se trouve dans une brochure qu'il se permet de remettre sous les yeux de M. de Comberousse, et qu'il a déjà d'ailleurs communiquée à la Société [1].

M. Badois demande quelle est la portée des poutres qui supportent la charge ?

M. Arson : Six mètres cinquante-huit centimètres.

M. le Président fait remarquer que le gazomètre de Londres, dont a parlé M. Arson, est un gazomètre télescopique à trois cloches, et indique, chez les Anglais, une hardiesse de construction que nous ne possédons pas en France.

M. Arson insiste une dernière fois sur les avantages pratiques et les garanties de sécurité qu'offre le mode de construction adopté en France par la Compagnie Parisienne, et qui serait certainement imité par les autres usines, si elles avaient à construire des gazomètres de cette dimension ; ces avantages ne se retrouvent pas dans le système anglais, qui est beaucoup plus compliqué et moins précis.

1. Voir *Mémoires de la Société*, 1875, page 630.

M. le Président annonce que la Société a reçu de M. J. Meyer un travail sur la traversée des Alpes par le Simplon ; en même temps, M. J. Meyer a offert de venir nous faire l'exposé de ses travaux ; la question du Simplon est toujours pleine d'actualité, et M. le Président pense que M. Meyer pourra nous faire une communication à ce sujet, à la prochaine séance.

M. le Président donne la parole à M. A. Mallet, pour communiquer à la Société une note de M. A. Borodine, sur des essais comparatifs faits sur les chemins de fer Sud-Ouest russes, entre des machines locomotives à voyageurs et une machine de même type transformée en machine Compound.

M. A. Mallet rappelle qu'il a eu l'honneur de présenter à la Société, dans la séance du 2 novembre 1877, les premiers résultats obtenus avec les machines locomotives à fonctionnement Compound du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, qui étaient en même temps les premières locomotives de ce genre qui aient été faites. Depuis cette époque, il a été construit ou transformé un certain nombre de machines dans le même système, et récemment des ingénieurs distingués, tant en Angleterre qu'en Allemagne, sont venus joindre leurs efforts à ceux de l'auteur pour tâcher de faire entrer ce genre de machines d'une manière sérieuse dans la pratique des chemins de fer.

M. A. Mallet se propose de faire dans quelque temps une communication complète sur l'état actuel de l'application du système Compound aux locomotives, il n'entrera donc pas aujourd'hui dans les détails de la question. mais il tient à indiquer que, si les applications déjà faites sont importantes, et il peut citer en première ligne l'exemple du chemin de fer de Bayonne à Biarritz où l'exploitation se fait depuis six ans uniquement avec des machines Compound dont le parcours total atteint actuellement 750,000 kilomètres, et dont les consommations kilométriques moyennes, rapportées à l'année, n'ont pas dépassé 4 kilogrammes et sont parfois descendues à 3, 5 kilogrammes, toutefois bien des personnes ne veulent accepter l'économie réalisée par ce mode de fonctionnement que si elle est démontrée par des expériences comparatives directes. Ces expériences sont très difficiles à faire; M. Mallet se trouvait, sous ce rapport, dans une infériorité absolue comparativement à ses concurrents. MM. Webb, von Borries et Schichau, entrés plusieurs années après lui dans la même voie, mais auxquels leur situation d'ingénieurs attachés au service de lignes d'État et de grandes Compagnies ou de constructeurs donnaient toute facilité de faire des essais dans des conditions concluantes. Aussi ne peut-il trop se féliciter d'avoir eu la bonne fortune de rencontrer dans M. Alexandre Borodine, membre de la Société, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer Sud-Ouest russes, compagnie dont le réseau compte plus de 2,000 kilomètres, un partisan convaincu du système Compound, qui n'a rien négligé pour faire une application dans les conditions les plus propres à permettre une comparaison aussi

concluante que possible. M. Borodine a fait une série d'expériences très complètes sur les locomotives, expériences commencées depuis deux années et qui ne sont pas encore terminées. Il se propose de faire plus tard de ces expériences, ainsi que des méthodes qu'il emploie dans ce but, une communication à la Société, mais il a résumé la partie qui concerne les essais comparatifs entre les machines Compound et les machines ordinaires dans la note ci-dessous.

Résultats des essais comparatifs sur la consommation d'eau et de combustible faits avec des machines à voyageurs ordinaires, type Cail, Série A et une machine du même type transformée en Compound d'après le système et sur les plans de M. A. Mallet.

Les machines de la série A ont été construites en 1869-70, par la maison Cail, pour le chemin de fer de Kiew-Balta. Ce sont des machines à deux essieux couplés, à roues de 1^m,70 et un essieu porteur à l'avant; les cylindres extérieurs ont 0^m,420 de diamètre et les pistons 0^m,600 de course. La surface de grille est de 1^m,40 carré, la surface de chauffe totale de 115 mètres carrés. Le timbre est de 8 kilogs ; la machine pèse 29,000 kilogrammes vide et 34,000 en service.

On a employé pour faire les essais :

1. La machine A n° 7 transformée en Compound, système Mallet. Le diamètre du petit cylindre, (dimension primitive) est de 420 $^m/_m$, le diamètre du grand cylindre, 600 $^m/_m$; le rapport des surfaces des pistons est, à très peu près, comme 1 : 2 (exactement 2,04); Les deux cylindres, ainsi que leurs fonds, étaient munis d'enveloppes à vapeur dans lesquelles la vapeur active s'introduisait directement de la chaudière au moyen de tuyaux spéciaux ; l'eau de condensation de cette vapeur s'échappait des enveloppes par un appareil automatique. On pouvait à volonté interrompre l'accès de la vapeur dans les enveloppes et suspendre de cette manière leur fonctionnement. Le grand cylindre travaillait ordinairement à 70-73 0/0 d'admission et la marche de la machine n'était réglée que par le changement du degré d'admission de la vapeur au petit cylindre seul et, en partie, par le régulateur.

L'introduction simultanée de la vapeur dans les deux cylindres à la fois n'était opérée qu'au démarrage de la machine ; à part cela il n'y avait jamais lieu de recourir à ce moyen.

La machine, après sa transformation en Compound, a fait un parcours de 28,000 kilomètres avec des trains express et de voyageurs ; elle a fonctionné tout le temps d'une manière satisfaisante — sauf un seul cas de rupture de la boîte de démarrage placée sur la chaudière, laquelle rupture s'est produite à cause de la mauvaise exécution de la pièce.

2. La machine A, N° 24, système ordinaire, du type Cail, dont toutes les dimensions, excepté celles des cylindres, de la distribution et du tuyau d'échappement, étaient identiques avec celles de la machine A, n° 7.

Enfin, comme terme de comparaison, ont été calculées les données moyennes du travail de toute la série des machines A, appartenant au même type que la machine A, 24.

La difficulté extrême de déduire une conclusion tant soit peu exacte du résultat du travail ordinaire des machines locomotives, vu la quantité et la complication des influences perturbatrices agissant continuellement et changeant les conditions du travail des machines en marche et l'hétérogénéité du bois employé comme combustible ont forcé d'entreprendre et de continuer pendant près d'un an tout une série d'observations, d'expériences et d'essais consécutifs qui parfois demandaient un travail simultané de six expérimentateurs et qui, jusqu'à présent, ne sont pas encore achevés.

Ces essais et expériences, dont l'exécution était confiée à M. Lévy, ingénieur de la traction des chemins de fer Sud-Ouest russes, sont exposés, dans l'ordre historique, dans la description suivante qui contient aussi le résumé des résultats obtenus.

I. — *Dépense de combustible par les machines* A, 7, A, 24 *et les autres de la série* A, *pendant leur service au dépôt Kazatine.*

Les conditions climatériques exerçant une influence directe sur la dépense de combustible, on a été forcé de faire des comparaisons de la consommation du combustible de mois en mois séparément; le calcul avait pour but de déterminer cette consommation par machine-verste et par train-verste, ainsi que par 1,000 essieux-verstes.

Les résultats obtenus pour des mois différents accusent des divergences assez notables, ce qui s'explique parce que le parcours mensuel d'une machine n'est pas suffisant pour pouvoir servir de base à des conclusions positives; mais le résultat général déduit pour la période d'essais entière démontre que la machine Compound a donné une économie de consommation de combustible de 21 à 23 pour 100 comparativement à la machine A, 24; et de 10 à 14 pour 100 comparativement à la consommation moyenne de toute la série des machines A, au nombre de 10 à 12.

II. — *Expériences faites en service avec les machines* A, 7 *et* A, 24.

Ces expériences étaient très nombreuses, mais elles ont prouvé une fois de plus que, faites sans des précautions exceptionnelles, difficiles à remplir, elles ne peuvent conduire, dans des conditions ordinaires, à aucun résultat satisfaisant, car les influences des conditions atmosphériques, des particularités individuelles des machinistes et des machines, de la catégorie des wagons et de leur poids, sont tellement importantes qu'elles rendent impossible toute déduction tant soit peu exacte. C'est pourquoi il a fallu laisser

sans suite la plupart de ces expériences, et je n'en citerai que les suivantes, faites dans des conditions plus ou moins exceptionnelles.

1. — Douze excursions de la première quinzaine du mois de mai 1881, avec les machines A, 7, et A, 24. Ces excursions étaient faites sur la section Kiew-Kazatine, toujours avec les mêmes trains : le train n° 1 de Kiew à Kazatine (147 verstes) et le n° 4 de Kazatine à Kiew, — vu que ces trains circulent avec une vitesse fixe, qu'ils sont toujours composés d'un nombre de voitures sensiblement constant et qu'ils ne font point de manœuvres dans les stations. Pendant ces excursions, la consommation d'eau et de combustible (bois) était contrôlée de la manière la plus scrupuleuse et calculée par train-verste et par essieu-verste ; en moyenne ces douze excursions ont donné :

a) Une économie de consommation d'eau (vapeur) pour la machine A, 7 ; cette économie varie de 4 à 8 pour 100, suivant que la consommation est calculée par train-verste et par essieu-verste.

b) Une économie de consommation de combustible, faite par la machine A, 7, de 15 à 18 pour 100.

Les enveloppes de la machine A. 7, fonctionnaient dans ces expériences.

2. — Excursions du 5 juillet 1881, avec les machines A, 7 et A, 24, faites avec deux trains de marchandises qui se suivaient l'un l'autre, et étaient composés du même nombre de wagons, chargés autant que possible également. Les résultats obtenus ont été :

a) Une économie de 30 pour 100, dans la consommation d'eau (vapeur) faite par la machine A, 7, en comparaison de la consommation de la machine A, 24.

b) Une économie de 20 pour 100 dans la consommation de combustible faite par la machine A, 7, en comparaison de la consommation de la machine A, 24.

Les vitesses des trains de marchandises avec lesquelles ces excursions étaient faites étaient notablement moindres que celles des excursions décrites plus haut, faites avec les trains de voyageurs et les trains express.

III. — *Essais faits avec la machine* Compound A, 7, *et la machine ordinaire* A, 21, *aux ateliers de Kiew.*

La difficulté que présentaient les expériences faites avec des machines en marche et la multiplicité des influences perturbatrices difficiles à écarter qui obscurcissaient les déductions des données obtenues, m'ont donné l'idée de placer les locomotives à étudier dans des conditions où elles ne fonctionnent que comme machines à vapeur, en éliminant toutes les causes d'incertitude provenant de l'emploi de la machine comme appareil de traction. Dans ce but les machines à essayer étaient installées consécutivement l'une après l'autre aux ateliers de Kiew avec les essieux découplés et les roues motrices relevées au-dessus des rails et transformées en poulies-volants; de cette manière la machine locomotive était, pour ainsi dire,

transformée en une locomobile et remplaçait le moteur principal des ateliers; en d'autres termes c'était une tentative grossière d'organiser un atelier d'essais, que j'ai proposé dans le temps et dont les principes ont été décrits dans les chroniques du *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, octobre 1881 et janvier 1882.

Pendant ces expériences les machines faisaient par minute le nombre de tours correspondant à la vitesse de 30 verstes à l'heure (100 tours environ par minute), mais, comme les ateliers demandaient un travail beaucoup moindre que celui que doit produire ordinairement une machine menant un train, on était forcé de réduire le travail des machines, de sorte que la machine ordinaire A, 21 travaillait avec *un* cylindre seulement et la machine Compound A, 7, dont le système de construction ne permet pas de faire des essais avec un seul cylindre, travaillait avec des degrés d'admission très faibles. Outre cela il a fallu abaisser la pression dans la chaudière au-dessous de la normale, et recourir à l'emploi du régulateur pour diriger la marche de la machine, parce qu'il n'était pas possible de diminuer davantage l'admission de la vapeur. Le travail développé par les machines à ces essais était, d'après l'indicateur, de 65 à 74 chevaux-vapeur pour la machine A, 21, travaillant avec un cylindre et de 75 à 93 chevaux-vapeur pour la machine A, 7, travaillant avec deux cylindres.

Les résultats des essais étaient :

La machine A, 21.

a) L'essai du 21 juillet 1881 était fait dans les conditions suivantes : Admission de vapeur à 0,2 de la course du piston, pression primitive au cylindre environ 6 atmosphères absol.; on a obtenu pour résultat une consommation d'eau (vapeur) de 13.4 kilogr. par heure et par cheval vapeur.

b) Essai du 16 septembre 1881, admission 0,3 de la course du piston, pression primitive du cylindre environ 5 1/4 atmosphères absol., consommation 12,7 kilogr. par heure et par cheval-vapeur.

Les essais avec la machine A, 21 n'étaient à proprement parler, que préliminaires, et avaient pour but principal l'éclaircissement des détails et de la manière de procéder à ce genre d'essais et d'y habituer le personnel.

La machine A. 7, avec des enveloppes de vapeur non fonctionnantes.

a) Essai du 7 novembre 1881 matin. Le secteur du levier de changement de marche du petit cylindre était à la première dent (admission environ 0,3 de la course du piston), la vis de changement de marche du grand cylindre à 60° (admission environ 0,6 de la course), pression primitive dans la chaudière 7 atmosphères. Consommation d'eau (vapeur), 11,2 kilogr. par chevaux-vapeur.

b) Essai du 7 novembre soir. Mêmes conditions, consommation d'eau, 11,4 kilogr. par cheval-vapeur.

Ces deux essais ont été vérifiés à l'aide du condenseur et méritent pleine confiance.

c) Essai du 10 novembre. Dent du secteur 2, vis 46°. Consommation 10 kilogr. par cheval-vapeur.

Cet essai était fait sans vérification du condenseur; plusieurs diagrammes étaient manqués, par la faute de l'indicateur, de sorte que le travail de la machine n'était déterminé qu'approximativement; c'est pourquoi on ne peut se fier aux résultats de cet essai, surtout si l'on prend en considération la trop petite consommation que cet essai a donnée, et on n'en a pas tenu compte.

IV. — *Expériences détaillées faites en service avec les machines* A, 22 (ordinaire) *et* A, 7 (Compound) *avec évaluation du travail développé par ces machines.*

Indépendamment des essais décrits ci-dessus une série d'excursions expérimentales avec les machines A, 22 et A, 7, ont été entreprises dans le but de déterminer avec le plus de précision possible les résultats du fonctionnement Compound. Dans ces excursions faites sur la section Kiew-Kazatine et exclusivement avec les trains n° 3, on déterminait entre autres :

1. La vitesse des trains à l'aide du tachophore Kloze.
2. Le nombre de tours des roues motrices à l'aide d'un compteur.
3. Deux indicateurs prenaient, toutes les trois à cinq minutes, des diagrammes de chaque cylindre, de chaque côté du piston et à chaque changement de position du levier de distribution et du régulateur.

Toutes ces excursions étaient entourées de grandes précautions, elles étaient accompagnées chaque fois par 5 à 7 expérimentateurs, les données obtenues étaient calculées de la manière la plus exacte afin de déterminer le travail indiqué, développé par la machine pendant l'essai et la moyenne de la consommation de vapeur (eau) par heure et par cheval-vapeur. Plusieurs de ces excursions n'ont amené à aucune conclusion à cause de petits accidents ou de non-réussites partielles; celles des excursions qui ont pu être menées à fin ont donné les résultats suivants :

La machine A, 22.

a) Excursion du 29 septembre 1881, de Kiew à Fastoff (60 verstes).

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur indiqué, 13,6.

b) Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur de Fastoff à Kazatine (87 verstes).

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur indiqué, 13,2.

Moyenne générale de consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur, 13,4.

Moyenne générale de consommation de bois de chauffage par heure et par cheval-vapeur, 4,25 kilog.

Il est à remarquer ici le proche accord des résultats de ces deux essais *a* et *b* et l'accord de ces résultats avec ceux des essais de la machine A, 21, faits aux ateliers de Kiew, d'une manière tout à fait différente.

La machine A, 7.

A. Avec des enveloppes fonctionnantes.

a) Excursion du 16 mars 1882, de Kiew à Fastoff.

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur. 12,6
Consommation de bois par heure et par cheval-vapeur 3,61

b) Excursion du 4 mars 1882, de Fastoff à Kazatine.

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur 13,2
Consommation de bois par heure et par cheval-vapeur. 3,54
Moyenne générale de consommation par heure et par cheval-vapeur, eau 12,9
Moyenne générale de consommation par heure et par cheval-vapeur, bois 3,57

Ces deux derniers essais s'accordent aussi de très près.

B. Avec des enveloppes non fonctionnantes.

a) Excursion du 4 mars 1882, de Kiew à Fastow.

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur 11,4
Consommation de bois par heure et par cheval-vapeur. 3,07

b) Excursion du 6 mars 1882, de Fastoff à Kazatine.

Consommation d'eau par heure et par cheval-vapeur. 11,09
Consommation de bois par heure et par cheval-vapeur. 3,41
Moyenne générale de consommation par heure et par cheval-vapeur, eau 11,65
Moyenne générale de consommation par heure et par cheval-vapeur, bois 3,24

Ici de nouveau on remarque un accord frappant entre les essais *a* et *b* et entre ces derniers et les expériences avec la machine A, 7, faites aux ateliers d'une manière différente. Cette constance d'accord des résultats obtenus fait ajouter une grande foi à la méthode d'observations qui a été appliquée aux expériences exécutées aux ateliers de Kiew et à celles qui viennent d'être décrites.

De cette manière les expériences de cette dernière catégorie amènent aux conclusions suivantes :

a) L'admission de la vapeur dans les enveloppes de la machine A, 7, avait une influence nuisible en augmentant la consommation d'eau et de combustible par cheval-vapeur; une conclusion tellement inattendue fait présumer que la construction de l'enveloppe dormante de la machine A, 7, n'est pas satisfaisante et que l'influence nuisible qui s'est manifestée peut être attribuée, soit à l'absence de circulation de la vapeur dans les enveloppes, soit à la mauvaise évacuation de l'eau condensée, soit à d'autres défauts de l'enveloppe.

b) La machine Compound travaillant avec des enveloppes non fonctionnantes a donné, en comparaison avec la machine A, 22, une économie de 14 pour 100 sur la consommation de vapeur et de 24 pour 100 sur la

consommation de combustible; une partie de l'économie du combustible doit, peut-être, s'expliquer par la qualité du combustible (bois) qui, vu l'intervalle considérable de temps qui séparait les deux séries d'essais faits avec les machines A, 7 et A, 22, savoir : mars 1882 et septembre 1881, pouvait présenter quelque différence [1].

Signé : A. BORODINE.

Kiew, 6/18 novembre 1882.

M. MALLET croit devoir faire suivre la présentation de la note de M. Borodine de quelques observations.

Il fera tout d'abord remarquer que, si les parcours indiqués pour la machine A, 7 n'atteignent que le chiffre relativement restreint de 28,000 kilomètres, cela tient : 1° à ce que la machine a été quelque temps immobilisée par suite de la rupture de la boîte de démarrage qu'il a fallu réparer et par suite des essais faits aux ateliers de Kiew, et 2° à ce que cette machine a passé une partie de l'année 1882 à l'exposition de Moscou où elle figurait et où elle a obtenu une haute récompense. Les parcours indiqués dans la note de M. Borodine sont antérieurs à l'exposition et la machine A, 7 a repris son service immédiatement après.

Il y a deux points dans la note de M. Borodine qui soulèvent des questions intéressantes à examiner.

On peut mettre en première ligne les résultats négatifs donnés par les enveloppes.

Ces résultats tiennent selon toute probabilité à la disposition peu favorable des enveloppes et ne sauraient donner lieu à un jugement définitif. M. Borodine a entrepris une série d'expériences non encore terminées, lesquelles ont été faites avec une précision suffisante pour inspirer toute confiance; son impression jusqu'ici paraît être que les enveloppes de vapeur donnent, pour les machines ordinaires, une économie réelle, mais dont l'importance, probablement médiocre, ne peut pas encore être fixée d'une manière positive.

Un autre point est la différence assez notable qu'on relève dans les diverses expériences relatées ci-dessus entre l'économie en eau d'alimentation et l'économie en combustible. Sauf dans un cas, la machine Compound a toujours économisé proportionnellement moins d'eau que de combustible. Il est assez difficile de donner une explication de ce fait qui avait d'ailleurs été déjà constaté sur d'autres machines. Doit-on admettre que, la prise de la vapeur dans la chaudière ne se faisant que deux fois par tour des roues motrices au lieu de quatre fois, il se produit une aspiration par saccades favorable à l'entraînement de l'eau? Mais on remarque, d'autre part, que, lorsque la machine a fonctionné à petite vitesse avec des trains de marchandises, la différence était en sens contraire; doit-on en conclure que

1. Le sens et la valeur de l'influence de la qualité du bois ne sont pas connus; mais il est évident que, sous le rapport des conditions climatériques, la machine A, 7 était dans une situation plus défavorable au mois de mars que la machine A, 22 au mois de septembre.

A. M.

cet effet d'entraînement ne se produit qu'à des vitesses un peu considérables?

Il n'est peut-être pas inadmissible de supposer que la machine Compound consommant moins de vapeur que la machine ordinaire, le travail de la chaudière se trouvant dès lors plus modéré, l'utilisation du combustible et l'absorption de la chaleur soient augmentées de telle sorte qu'en définitive, chaque kilogramme de combustible vaporisant plus d'eau, l'économie du combustible soit proportionnellement plus grande que l'économie d'eau d'alimentation.

De plus, dans les machines chauffées au bois, la réduction absolue de la dépense de combustible, en rendant moins fréquente l'ouverture de la porte du foyer, diminue le refroidissement, améliore la combustion et amène une nouvelle économie.

Ce point devra évidemment être élucidé d'une manière sérieuse, et, si on constatait une tendance particulière à l'entraînement d'eau, on pourrait recourir à des précautions spéciales.

M. Mallet croit nécessaire, pour expliquer certaines anomalies et pour mettre en garde contre des déceptions possibles, de signaler d'une manière sommaire les conditions que doivent remplir des machines locomotives établies d'après le système Compound pour qu'elles puissent être mises avec équité en comparaison avec des machines du système ordinaire; ces conditions sont au nombre de trois.

Il faut d'abord que le petit cylindre de la machine Compound ait le même volume que chacun des cylindres de la machine ordinaire; dans ce cas, la machine Compound sera, pour le démarrage, pour l'effort maximum et pour l'indépendance en cas d'accidents, absolument dans les mêmes conditions que la machine ordinaire. Il est nécessaire ensuite que le grand cylindre ait un volume au moins double de celui du petit cylindre, pour que la capacité d'expansion, qui est mesurée par le volume final occupé par la vapeur, soit la même dans les deux cas; si le volume du grand cylindre n'était, par exemple, que 1, 7 du volume du cylindre de la machine ordinaire, l'expansion à poids égal de vapeur ne serait que de 0,85 au lieu de 1, et à expansion égale, l'ordonnée moyenne ne serait que de 0,85 au lieu de 1, c'est-à-dire que, dans le premier cas, la machine Compound détendrait moins et que, dans le second, sa puissance serait réduite de 15 pour 100.

Une dernière condition est que, surtout pour les faibles rapports de volume des deux cylindres, l'admission puisse être rendue à volonté différente dans les deux. En effet, si les deux cylindres ont leur admission liée, on ne pourra réduire celle du petit cylindre à un taux plus faible que le taux indiqué par le rapport des volumes, parce qu'au-dessous, le grand cylindre ne pourrait recevoir pendant la période d'introduction le volume de vapeur qui remplit le petit cylindre à la fin de sa course; il en résulte une élévation de la contre-pression au petit cylindre qui annule une partie du travail de celui-ci; pour un rapport de volumes des cylindres de 1, 7,

la plus faible introduction au petit cylindre ne pourrait dépasser sensiblement sans inconvénients $\frac{1}{1,7} = 0,59$ de la course, ce qui correspond à une expansion de $\frac{1,7}{0,59} = 2,9$ qu'on obtiendrait dans la machine ordinaire avec une introduction de 0,35 de la course. La détente ne pourrait donc varier que dans des limites très peu étendues. D'autre part, si l'on admet la vapeur au petit cylindre pendant une portion considérable de la course, l'introduction se prolongeant d'une manière correspondante dans le grand cylindre, la pression baisse au réservoir intermédiaire, et la chute de pression à la fin de la course du petit cylindre devient considérable, ce qui réduit le travail du grand cylindre.

Le premier inconvénient est moindre avec les rapports de volumes plus élevés, mais le second subsiste.

M. MALLET conclut, en résumé, que les expériences de M. Borodine sont en concordance avec les résultats obtenus par MM. Webb, von Borries et Schichau, et qu'on peut admettre que les locomotives Compound, établies dans de bonnes conditions, donnent une économie de combustible d'au moins 20 pour 100. Il ne faut pas oublier d'ailleurs, que la machine russe ne fonctionne qu'à une pression de 8 kilogrammes et qu'une pression plus élevée aurait donné des résultats encore plus favorables.

M. Borodine se dispose à continuer les expériences dans le même ordre d'idées avec une machine à marchandises transformée en Compound.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Mallet de sa communication et de la persévérance avec laquelle il tient la Société au courant des essais d'application du système Compound aux locomotives, tout en s'étonnant que les résultats d'expériences faites en Russie nous arrivent plus tôt que ceux qui ont été obtenus chez nous.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Casalonga sur le nouveau procédé de mouture de MM. Mariotte frères et Boffy.

M. D.-A. CASALONGA, se propose d'appeler l'attention de la Société sur un procédé de mouture, effectué au moyen de meules métalliques spéciales et imaginé par MM. Mariotte et Boffy.

Cette question se lie étroitement à l'intéressante communication faite par M. Krémer dans la séance du 17 juin 1881.

La partie essentielle des nouveaux moyens de mouture consiste en une meule métallique spéciale dont la face travaillante est préparée d'une manière particulière, représentée par des figures tracées au tableau.

Cette face est divisée en un certain nombre de secteurs plans, égaux entre eux, et sur chacun desquels sont creusées des cannelures droites.

Ces cannelures sont creusées dans la masse métallique même qui constitue la meule, ou sur des secteurs distincts rapportés sur le fond de meule qui leur sert de support.

Dans certains cas, notamment dans celui de la formation d'un moulin agricole, dont MM. Mariotte et Boffy ont créé un type portatif, la taille des secteurs est différente.

La meule courante n'est plus suspendue en équilibre, par l'anile, sur le pointal : elle est au contraire clavetée fixe sur le fer de meule qui s'élève et s'abaisse à la manière ordinaire.

Après avoir décrit les appareils de MM. Mariotte et Boffy, M. Casalonga explique de quelle manière ils sont appliqués et quel est le procédé de mouture qui en résulte.

Ce procédé comprend trois phases :

Le concassage des grains ;
La dénudation des gruaux ;
La réduction en farine des gruaux déshabillés.

Le concassage préliminaire s'effectue entre deux meules fortement cannelées et assez espacées entre elles. Le grain, heurté par les cannelures, est brisé, généralement suivant la fente poussiéreuse qui le divise en deux lobes, et il est débarrassé des barbules, enveloppes friables, impuretés, tout en ne donnant que 1 à 1,50 pour 100 de farine noire qu'il convient de bluter à part.

Le concassé est reçu par des cribles qui laissent passer le fin et rejettent le gros, lequel est repris pour être repassé dans une autre paire de meules qui l'attaquent plus profondément, et ainsi de suite jusqu'au 5e et 6e repassage.

A ce moment, par ces reprises et ces criblages successifs, on a obtenu 8 à 12 pour 100 de belle farine de boulange, la plus grande partie des sons finis, et les divers gruaux.

La deuxième phase a pour objet de mieux émonder encore les gruaux obtenus ; elle n'est pas toujours indispensable, étant simplement une extension de la première. Elle donne 2 à 3 pour 100 de farine deuxième, 5 à 6 pour 100 de belle farine.

Les gruaux très épurés ainsi obtenus sont alors convertis en farine à travers les mêmes meules, toutefois plus rapprochées et dont les cannelures sont de plus en plus fines.

On obtient ainsi, avec des blés du rayon, année 1882, pesant seulement 71 à 72 kilogr. à l'hectolitre 40 pour 100 de beaux gruaux, 20 à 22 pour 100 de farine première, 4 pour 100 farine deuxième, total, 64 à 66 pour 100 d'excellente farine blanche première. Plus 4 pour 100 farine bise, 2 à 3 pour 100 farine troisième et quatrième.

Avec des blés de 80 kilog, le rendement est de 75 pour 100 en farines première, et 5 pour 100 en farines bises, troisième et quatrième.

Les farines ainsi obtenues sont d'une blancheur parfaite. Le blé n'a pas à être mouillé ; il n'est ni écrasé ni échauffé ; il est au contraire toujours attaqué par sa surface et successivement débarrassé de sa poussière, de son écorce, de ses germes huileux avant d'être appelé à la réduction en

farine. Cette farine, obtenue froide, ne renferme ni huile, ni humidité condensée, accuse une forte teneur en gluten et est susceptible d'une longue conservation.

Son rendement en pain est de 140 à 150 kilogr., pour 100 kilog de farine. Des échantillons soumis à l'examen de la Commission des Neuf-Marques, et obtenus avec des blés 12 kilogr., ont été classés à 28-29 de gluten, au lieu de 24 à 24,50 limite exigée pour les farines obtenues avec des blés de 80 kilogr.

M. Casalonga compare le nouveau système de mouture avec le travail des meules en silex et celui effectué par les moulins dits hongrois.

Pendant qu'une paire de meules ne moud que 1,500 kilogr. de blé par vingt-quatre heures, en exigeant une force motrice de 4 à 5 chevaux-vapeur, un moulin à meules métalliques moud 2,000 kilogr. de blé tendre avec 2 à 2 1/2 chevaux, demandant moins d'emplacement, supprimant le rhabillage, coûtant moins à acquérir et à conduire, le prix d'un moulin ne dépassant pas 1,500 francs.

La comparaison avec les moulins à cylindres cannelés n'est pas moins intéressante ; pendant que ceux-ci coupent le blé et ne le détiennent qu'un instant à la génératrice de contact, les meules, dont l'allure est plus vive, l'attaquent par leurs nombreuses cannelures en le débarrassant de ses impuretés. Le nettoyage se fait mieux, la dénudation aussi avec moins de farine de boulange, et de même l'écurage des sons. La farine obtenue est ronde, se tamisant bien aux bluteries ordinaires, et prenant bien l'eau au pétrissage.

Les meules métalliques achèvent complètement par elles-mêmes la mouture, n'exigent pas de classement rigoureux dans les gruaux pour les convertir en farine, ne demandent pas d'appareils spéciaux ni de fariniers experts.

Ces meules peuvent également être appliquées dans les moulins ordinaires et dans ceux à cylindres, pour avancer le nettoyage et préparer la mouture; pour écurer les sons mal finis; pour convertir les gruaux en farine.

Elles se prêtent très bien à la formation de petites usines de trois paires de meules, pouvant travailler 5000 à 6000 kilogr. de blé par vingt-quatre heures et même à la formation d'un seul moulin pouvant à lui seul achever sa mouture, bien que d'une manière moins expéditive.

En résumé, le nouveau procédé offre de très grands avantages sur les meules en silex, et des avantages marqués sur les cylindres cannelés. Son importance, en raison de sa simplicité, de l'économie d'installation et de force motrice qu'il procure, de l'accroissement de rendement qu'il donne, apparaît clairement en présence du chiffre élevé de la conversion du blé en farine, des transactions considérables auxquelles le commerce des farines donne lieu, et du matériel actuellement engagé dans sa fabrication.

M. Flament (Henri) demande si M. Casalonga est bien sûr de la nouveauté du procédé qu'il vient de décrire; il montre un document qu'il vient

de recevoir, d'après lequel ce procédé serait connu depuis longtemps et même appliqué à Chicago.

M. le Président fait remarquer que les questions de priorité ne sont pas de celles qui peuvent se discuter utilement à la Société des Ingénieurs civils.

M. Casalonga répond qu'il n'est jamais possible d'affirmer qu'une chose est nouvelle : il faut, en pareil cas, se souvenir toujours de l'adage des anciens Romains. Il craint que le collègue qui a élevé des réserves à ce sujet n'ait pas suffisamment bien établi la différence qui existe entre le procédé dont il a reçu communication et celui qui vient d'être exposé.

La meule métallique a été appliquée plusieurs fois de diverses manières; mais la surface était taillée en forme de lime, ou garnie de lames détachables, ou creusée de courtes cannelures rayonnantes, assez semblables aux aubes d'une turbine. Nulle part il n'a rencontré la taille spéciale en secteurs qu'il vient de décrire; nulle part non plus il n'a vu des meules effectuant et achevant à elles seules la mouture comme il vient de l'exposer.

Il ajoute, au surplus, qu'il y a dans sa communication deux questions distinctes, celle relative à la nouveauté et celle relative à l'efficacité du procédé.

L'essentiel pour la Société et pour l'industrie de la meunerie, est que le procédé soit reconnu efficace et avantageux.

M. le Président fait remarquer que la communication de M. Casalonga sera publiée *in extenso*, avec les dessins à l'appui, et que toutes les observations qui s'y rapportent pourront ensuite se produire dans une séance de discussion.

M. Seyrig demande à M. Casalonga quelle est la nature du métal employé et s'il a des données sur la durée des meules, au point de vue de leur production et de leur usure, et sur la température de la farine.

M. Casalonga dit qu'il y a près de deux ans que des meules travaillent, ayant déjà livré à la consommation près de 100,000 quintaux de farine; que les seuls premiers moulins qui opèrent le concassage ont accusé une certaine usure et suggéré l'idée de creuser les cannelures sur des secteurs distincts. Pour les autres meules, l'usure ne s'y est pas montrée appréciable, bien que les cannelures soient creusées sur de la fonte aussi dure que possible, mais pouvant être travaillée.

Quant à la farine, elle reste toujours froide, même pendant la période de conversion des gruaux; il s'en est assuré dans la minoterie même de MM. Mariotte, et on le conçoit, du reste, en examinant la manière dont le blé est successivement cassé, roulé, écorcé, puis finalement réduit en farine avec peu de résistance de la part des gruaux pulvérulents.

MM. Baudoux-Chesnon, Harlingue, Jarre, Jubert, Lemercier, Moulle, Prangey, Quehen, Ropsy-Chaudron ont été reçus membres sociétaires, et MM. Badon-Pascal et Cauvin membres associés.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 16 Février 1883.

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Le Blond (Camille), Letestu père et Cosnefroy.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. Henri Giffard a légué à la Société une somme de 50,000 francs. Il propose à l'Assemblée d'accepter ce legs et de voter son acceptation.

Le legs est accepté à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu de MM. Plocq, inspecteur général des ponts et chaussées, et Laroche, ingénieur en chef, leur ouvrage sur les aménagements des ports de l'Europe septentrionale. (Rapport de mission faite en 1878.)

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Plocq et Laroche de leur envoi, et prie M. Douau de vouloir bien en faire un résumé pour l'une des prochaines séances.

M. GEORGES SALOMON a la parole pour sa communication sur *le Rôle de l'enseignement économique dans les écoles techniques industrielles*.

Nous donnerons seulement le résumé de cette communication qui sera reproduite *in extenso* dans le bulletin de février.

Dans les écoles où l'on forme des chefs d'industrie, des ingénieurs et des contre-maîtres pour les industries extractives, manufacturières et constructives, on enseigne aux élèves toutes les sciences qui servent de fondements aux pratiques industrielles.

Néanmoins, lorsqu'ils sortent de ces écoles, les élèves ne savent presque rien du monde dans lequel ils pénètrent.

Étourdi par les machines qui soufflent, qui grincent, qui frappent ou qui taillent, ému par le regard narquois de l'ouvrier qui se repaît de son étonnement, le jeune ingénieur demeure longtemps ingénieur *apprenti* à faibles appointements; longtemps, le plus formidable calcul l'effraye moins que la plus simple manipulation.

Mais s'il est déconcerté par la matière dont il connaît tous les atomes, par les opérations dont on lui a signalé toutes les phases, par les forces qu'on lui a appris à dompter, quelle n'est pas son inexpérience en présence de l'être bon et terrible, ignorant et habile, franc et rusé avec lequel il devra vivre et qu'on lui a laissé à peu près ignorer.

Il ignore l'ouvrier... on le lui a seulement présenté comme le moteur animé, comme l'ennemi qu'il devra tenter de supprimer, au lieu de lui dire sans cesse de l'instruire, de l'aimer et de le secourir, si rebelle qu'il pui e se montrer.

Et cependant, puisque l'industrie a pour principe suprême d'éviter toute cause d'arrêt de la production, pourquoi donc ne s'applique-t-on pas à enseigner les moyens de conjurer les chômages qu'occasionne « la question ouvrière » comme les arrêts qui sont dus à la matière? Aujourd'hui chacun croit pouvoir traiter d'intuition les questions sociales, ou du moins, on pense en général que la pratique suffit pour les élucider. Cette façon de voir n'a pas peu contribué au chaos économique dans lequel la société semble plongée. Or, c'est seulement par l'étude de cette science qui a été définie, la *science du travail*, qu'on peut être éclairé sur l'inanité des systèmes avec lesquels on bouleverse le monde industriel. Plus qu'aucun autre, l'ingénieur doit en posséder toutes les notions : il n'a pas, en effet, pour unique mission de diriger des ouvriers, souvent il remplace l'industriel ou bien il est lui-même industriel.

Aussi, en ne l'édifiant pas sur des sujets tels que la liberté et la division du travail, le rôle économique des machines et des inventions, les salaires et les profits, les conditions pour le bien-être des populations, etc., etc., on l'empêche d'exécuter rationnellement une partie importante de sa tâche. Mais, dira-t-on, l'absence d'enseignement économique dans nos écoles techniques n'a pas empêché beaucoup de leurs anciens élèves de résoudre, non sans succès, des problèmes économiques compliqués, et d'ailleurs, on peut suppléer à cet enseignement par l'étude des écrits spéciaux.

Certes, avec un esprit droit et observateur, on pourra, jusqu'à un certain point, évoluer dans l'industrie sans heurter les principes économiques, et l'on pourra réussir. N'y a-t-il pas des praticiens habiles qui ont su éviter les erreurs dans lesquelles tombent en général ceux que la science ne guide pas, mais n'ont-ils pas été les premiers à gémir de leur ignorance ou du moins à reconnaître combien l'enseignement de l'école eût allégé leur tâche? Quant au livre, il faut pour l'entr'ouvrir beaucoup de bonne volonté et les loisirs voulus, et puis, l'économie politique est par excellence au nombre des sciences qu'il convient d'avoir *appris* à *apprendre*.

Si maintenant nous examinons l'enseignement de nos écoles techniques industrielles, nous voyons tout d'abord que parmi les établissements de l'État l'École nationale des ponts et chaussées possède seule une chaire spéciale d'économie politique.

Le cours d'économie politique de cette École comprend environ 40 leçons et se fait pendant la première année d'études. De plus, il est complété par

quelques conférences sur la *statistique*, « cette sœur légitime de l'économie politique. » A l'École supérieure des mines, on consacre seulement quatre à cinq leçons aux mêmes matières, ce qui n'est pas suffisant.

Plus que tout autre ingénieur, en effet, l'ingénieur des mines doit connaître l'économie politique.

Un cours d'économie politique d'une vingtaine de leçons intéresserait et reposerait des esprits saturés de sciences exactes ou appliquées, alors que quatre à cinq leçons sur les mêmes sujets ne peuvent que les fatiguer. Le langage et les principes économiques doivent être ingérés sous *certaines formes*, en un *certain temps* et à *certaines doses*.

Nous réclamerons donc pour l'École des mines quelques conférences sur la statistique et une vingtaine de leçons d'économie politique au cours desquelles on ne manquerait pas de traiter l'étude des questions ouvrières.

Nous demanderons, de plus, que ces leçons soient faites pendant la première des trois années d'école, afin que les élèves en tournées d'études ne parcourent plus les centres industriels les plus agités par les questions économiques ou sociales sans s'enquérir de ces questions. A l'École centrale, le cours d'économie industrielle, institué lors de la fondation de l'École, ne figure plus, depuis longtemps, dans les programmes actuels. On a souvent réclamé le rétablissement de ce cours, mais à l'École centrale ainsi, d'ailleurs, qu'à l'Ecole des mines, on objecte aux réclamations qui ont été faites par plusieurs personnes et notamment par M. Ch. de Comberousse, on objecte que le temps des élèves est déjà trop rempli pour créer de nouveaux cours, quelle qu'en puisse être l'utilité. Qu'on examine attentivement les programmes d'études de nos écoles, et même sans les élaguer, on trouvera bien à accorder chaque semaine, une heure environ à l'étude de la science économique.

De même qu'à l'École centrale, il n'existe pas de cours d'économie politique, ni aux Écoles des arts et métiers de Châlons, d'Angers et d'Aix, ni à l'École des mines de Saint-Étienne, ni aux Écoles des maîtres mineurs d'Alais et de Douai.

Néanmoins, dans l'enseignement d'un certain nombre des écoles techniques industrielles qui ont été élevées en France par l'initiative privée, comme dans celui de la plupart des écoles techniques qui existent à l'étranger, l'économie politique tend à occuper la place que nous voudrions lui voir tenir dans nos établissements de l'État.

En Angleterre, ouvriers, ingénieurs et chefs d'industrie savent l'économie politique; en France, les uns et les autres ignorent également cette science dont ils sont pour ainsi dire l'essence. Cependant, un pas a été fait dans notre pays. Depuis 1880 on a introduit l'enseignement de l'économie politique dans la classe de philosophie, mais nos ingénieurs et nos contremaîtres ne passent guère par cette classe. Depuis le 27 juillet 1882, l'économie politique figure même dans les programmes de l'enseignement primaire. On a pensé à l'ouvrier, mais ici encore, on a oublié ceux qui sont appelés à le diriger : nous protestons hautement contre cet oubli.

M. le Président remercie M. Georges Salomon des considérations qu'il vient de présenter; elles rentrent dans un ordre d'idées très élevé, et qui rencontrera l'assentiment de beaucoup de nos collègues.

M. de Comberousse demande à ajouter quelques mots à la communication de M. G. Salomon, dont les conclusions, très bien présentées, sont d'accord avec les vues qu'il a énoncées lui-même en plus d'une circonstance, et que M. G. Salomon a eu l'obligeance de rappeler. M. de Comberousse a fait, il y a déjà plusieurs années, des tentatives pour l'établissement d'un cours d'économie politique à l'École centrale; malheureusement, ces tentatives sont restées sans succès, soit que l'on pût douter de l'utilité d'un pareil cours, soit que l'on objectât que le programme d'études est déjà extrêmement chargé. Aussi, devant cette non-réussite, a-t-il cru devoir insister, dans son *Histoire de l'École centrale* sur l'intérêt que présenterait à l'École l'enseignement de ces questions ; ce ne serait d'ailleurs pas une nouveauté : à la fondation de l'École, ce cours a existé pendant deux ans, et l'on peut supposer, avec quelque raison, que son titre n'a pas été étranger aux motifs de sa suppression ; on pourrait d'ailleurs l'appeler, sans aucun inconvénient, « cours d'économie industrielle » ce qui lèverait tous les scrupules. Cet enseignement existe dans plusieurs écoles étrangères, ainsi qu'aux ponts et chaussées et aux mines, comme l'a dit M. Salomon.

Il est incontestable, d'ailleurs, que peu de personnes sont en état de réfuter les sophismes si répandus de nos jours, qui travaillent la société et compromettent sa marche progressive; la lumière que serait appelé à jeter sur ces questions le cours d'économie politique serait surtout désirable pour les ingénieurs, que leur situation appelle presque toujours à diriger la masse ouvrière, dont ils doivent avoir souci, aussi bien au point de vue moral et intellectuel que sous le rapport matériel. M. de Comberousse rappelle une comparaison de l'éloquent économiste Blanqui : l'observateur attentif qui jette les yeux au milieu d'une société s'aperçoit qu'il s'y passe un phénomène tout aussi intéressant que celui auquel donne lieu l'étude de la voûte céleste; la production et la consommation des richesses s'y effectue par des lois parfaitement régulières, et ceux qui sont appelés à commander et à obéir au milieu de cette société doivent avoir la connaissance de ces lois, aussi bien que le pilote celle du cours des astres dont il se sert pour diriger son navire et éviter les écueils. M. de Comberousse est partisan, comme M. Salomon, de l'enseignement de l'économie politique dans toutes les écoles industrielles; s'il n'a parlé que de l'École centrale, c'est parce que c'est elle qu'il avait spécialement en vue en écrivant son histoire. Il y a d'ailleurs, dans la science économique, deux parties : l'une presque aussi expérimentale que la physique et la chimie; l'autre plus variable, plus complexe, plus délicate. Il y aurait évidemment, dans l'application à l'enseignement, un choix judicieux à faire; il faudrait enseigner aux élèves la partie certaine de cette science et ses données incontestables; puis n'aborder qu'avec pru-

dence et réserve les problèmes qui n'ont pas encore trouvé leur solution complète; là, comme en beaucoup d'autres sciences, la pratique et l'expérience peuvent seules indiquer l'opportunité d'une solution que la théorie est quelquefois impuissante à donner tout entière. Dans ces conditions, M. de Comberousse pense qu'il ne peut rester aucune objection contre l'enseignement de l'économie politique dans toutes les Écoles industrielles; il s'associe au vœu formé dans ce sens par M. G. Salomon, et il serait heureux que les applaudissements accordés par nos collègues à M. Salomon vinssent témoigner de leurs sentiments à cet égard. (*Applaudissements.*)

M. G. Salomon remercie M. de Comberousse d'avoir bien voulu appuyer sa communication, et il espère que l'approbation de la Société des Ingénieurs civils contribuera puissamment à la réussite du vœu qu'il a émis.

M. le Président donne la parole à M. Cabanellas pour sa communication sur le transport de l'Énergie, sous forme mécanique, par les machines dynamo-électriques.

M. Cabanellas donne communication de son mémoire sur le *Transport de l'Énergie sous forme mécanique par les machines dynamo-électriques.* (*Lois usuelles. Lois réelles. Applications.*)

L'origine de tout dégagement, plus exactement, de toute transformation d'Énergie est une chute de potentiel : de gravité, de pression ou tension, de chaleur, d'électricité. Lorsque nous sommes maîtres de développer la chute de potentiel, notre préoccupation doit être de n'en pas perdre et, par conséquent, l'idéal est pour nous d'insérer cette chute de potentiel dans un cycle fermé, comprenant les résistances utiles, c'est-à-dire celles que nous nous proposons d'exploiter, les résistances de liaisons et celles qui sont inévitables, parce qu'elles constituent le siège de la chute de potentiel. Si alors nous rendons permanente cette chute de potentiel, en maintenant une constante différence de potentiel, nous avons créé une circulation constante dans le cycle, et la différence de potentiel est la force cyclo-motrice de cette circulation. Ces conditions seront aussi avantageuses que possible, puisque la consommation tendra à se borner à l'Énergie régénérée sur la résistance exploitée et aux chutes de potentiel d'entretien de la circulation à travers les résistances indispensables.

Considérons un cycle fermé, composé de résistances fixes en nombre quelconque, que nous désignerons par l'une d'elles r augmentée de l'ensemble des autres ΣR et d'une résistance variable ρ'. Toutes ces résistances sont supposées en tension, c'est-à-dire à la suite les unes des autres, dans n'importe quel ordre, et, n'importe en quel ou quels points, hors cependant de la résistance ρ', une différence totale de potentiel constante E, de force cyclo-motrice, préside à la circulation i par unité de temps; nous voulons savoir quelle valeur il faut donner à la résistance ρ', pour lui faire régénérer le maximum d'Énergie, ce qui correspond à la plus grande économie de matériel source pour un transport donné.

Nous remarquons immédiatement que, si nous augmentons graduellement ρ à partir de zéro, nous tendons à augmenter incontestablement le travail régénéré, qui d'abord était nul, mais nous remarquons aussi que nous diminuons l'intensité i de la circulation, puisque nous augmentons le total des résistances du cycle. Un cycle hydraulique, par exemple, rentrerait dans ce cas, si nous le supposons composé d'une conduite fermée continue, revenant sur elle-même, en un point de laquelle serait créée une différence fixe de pressions, différents récepteurs hydrauliques de résistances constantes interposés sur la conduite, ainsi qu'un appareil hydraulique à résistance variable. Il est clair que l'accroissement de cette dernière résistance serait avantageux, en ce qu'elle absorberait à son profit une partie de plus en plus grande ϵ, de la perte de charge fixe E consommable sur l'ensemble des résistances; mais il est non moins clair que la quantité de liquide sous pression, animant, pendant l'unité de temps, cette résistance ρ' ou l'intensité i de la circulation hydraulique, diminuerait par l'augmentation de la résistance totale; de sorte que l'Énergie régénérée n'augmenterait que jusqu'à une certaine limite d'augmentation de ρ'. Pour connaître cette limite, il suffit de trouver les conditions du maximum de l'expression algébrique $(A - x)\, x$, conditions qui sont réalisées lorsque $x = \frac{A}{2}$, ou dans notre notation, lorsque $\rho' = r + \Sigma R$.

Passons au transport électrique : faisons de r la résistance de l'appareil générateur de la force électro-motrice E, et de ΣR la résistance de liaison entre le générateur et le récepteur de résistance ρ'; cette condition numérique est celle bien connue qui s'applique au travail extérieur maximum d'une pile de force électro-motrice constante; on dit alors qu'il faut que la résistance exploitée soit égale au reste de la résistance totale du circuit.

Nous allons voir que la difficulté n'est pas plus grande quand la résistance exploitée ρ' n'est plus inerte, mais comprend une résistance inerte ρ et une force contre-électro-motrice e, de telle sorte que le travail absorbé par cet ensemble soit toujours $\epsilon\, i$. En effet, nous savons qu'en mécanique la conception de la résistance par frottement ne peut se séparer de l'idée du mouvement d'une surface sur une autre surface en contact, et que ce frottement ne peut se définir et se mesurer que par la mesure de la force nécessaire pour entretenir un certain mouvement, malgré un contact d'une certaine étendue, sous une certaine pression; de même, en électricité, l'idée de résistance est inséparable de l'idée du mouvement électrique, à tel point que le seul moyen de concevoir, de définir et de mesurer une résistance, est d'avoir recours à la considération de la certaine différence de potentiel, force électro-motrice ϵ, absorbée entre l'entrée et la sortie de cette résistance, pour y faire circuler une certaine intensité i, de sorte que, une résistance quelconque ρ' est définie ou mesurée par le quotient $\frac{\epsilon}{i}$, $\rho' = \frac{\epsilon}{i}$; d'où l'on tire $\epsilon = \rho'\, i$. Si un tel ρ' comprend une

partie inerte ρ et une force contre-électro-motrice e, il est clair que, pour faire circuler i à travers cet obstacle effectif, il faudra que $\varepsilon = e + \rho\, i$, car il faudra y détruire d'abord la force contre-électro-motrice par une valeur égale et contraire, avant d'assurer la circulation i dans la partie inerte ρ par la chute nécessaire ρi, ce qui revient à dire que cette résistance effective se conduira comme une résistance inerte $\rho + \frac{e}{i}$, puisque, par définition, la résistance n'est que le contient $\frac{\varepsilon}{i}$.

Remplaçant ρ' par cette valeur, notre cycle comprendra les résistances $r, \Sigma\,\mathrm{R}, \rho, \frac{e}{i}$.

Or, au point de vue d'un transport récolté sous forme purement électro-mécanique, la résistance $\frac{e}{i}$ est la seule que nous cherchons à faire travailler au maximum, ce qui exigera l'égalité $\frac{e}{i} = r + \Sigma\,\mathrm{R} + \rho$; et comme la loi de Ohm nous donne la relation $i = \frac{\mathrm{E} - e}{r + \Sigma\,\mathrm{R} + \rho}$, il en résulte l'égalité $e = \mathrm{E} - e$, ou $e = \frac{\mathrm{E}}{2}$. Le travail récolté est alors $\frac{\mathrm{E}}{2} i$; l'on voit qu'il diminue si $\Sigma\,\mathrm{R}$ augmente, puisqu'alors i diminue.

D'une façon générale, le travail récolté mécaniquement est $e\,i$, et le travail dépensé sur le générateur électrique est $\mathrm{E}\; i$, leur rapport, c'est-à-dire le rendement du transport, est égal à $\frac{e}{\mathrm{E}}$.

$\Sigma\,\mathrm{R}$ n'entrant pas dans cette formule, du moins d'une façon apparente, des esprits distingués, qui n'avaient pas suffisamment creusé la question, ont cru pouvoir en conclure que le rendement est indépendant de la distance; c'est là une illusion du premier degré, car nous allons voir que pour un même E, force impulsive d'origine et pour la plus grande valeur de cette force, qu'il serait naïf de ne pas utiliser toutes les fois qu'elle peut être avantageuse, et pour un même travail récolté, la force électro-motrice de réaction e et, par suite, le rendement, sont au contraire des fonctions tout à fait dépendantes de la distance, décroissant quand croît cette distance de transport.

Il était naturel d'avoir hâte de se représenter les lois d'ensemble de première approximation qui doivent régir des applications nouvelles dont on prévoit et dont on espère la réalisation; c'est ce qui m'a conduit à rechercher et à publier, dès 1879, un ensemble de remarques, de relations de cette sorte. Je dois avouer que ce travail ne fut pas remarqué; je disais, par exemple, qu'il est nécessaire de ne jamais parler d'un rendement sans parler en même temps de la quotité de la récolte; et, afin de montrer toute l'importance que j'attachais à cette nécessité, hors de laquelle je ne voyais

qu'affirmation illégitime ou illusion, j'avais, au risque de mériter quelques critiques philologiques, rivé l'une à l'autre ces deux quantités, de nature différente, par la désignation commune de rendement, rendement absolu pour la récolte, et rendement relatif pour ce qu'on appelle ordinairement rendement. Je disais aussi que tous les rendements relatifs possibles, toutes choses égales d'ailleurs, se groupent en séries de deux valeurs également distantes, en plus et en moins, de la valeur $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire de la valeur de rendement relatif, lorsque le travail maximum est transporté, à égalité de rendements absolus, c'est-à-dire à égalité des Énergies correspondantes récoltées l'une avec un rendement inférieur, l'autre avec un rendement supérieur à $\frac{1}{2}$.

Depuis lors, la question a attiré graduellement, et de plus en plus, l'attention générale et, parmi les expositions d'ensemble, de première approximation, qui sont venues au bon moment, je dois citer celle de M. Maurice Lévy, faite par lui à la Société d'encouragement, et qu'il a insérée dans le journal *le Génie civil.* Le problème était bien posé dans son ensemble; nous y reviendrons dans un instant.

Il est intéressant de constater que ce progrès d'opinion s'est manifesté sans cause technique autre que diverses spéculations intellectuelles sur l'emploi des appareils existants, car ces appareils n'avaient réalisé aucun progrès notable dans cette période, et, cependant, l'expression *Transport électrique de l'Énergie* est maintenant employée par tout le monde, et plusieurs en attendent des merveilles, tandis que, il y a peu d'années, lorsque nous avons employé pour la première fois cette même expression *Transport et distribution électriques de l'Énergie*, elle a paru bien prétentieuse, et les critiques l'ont jugée hors de proportions avec les modestes applications qu'il leur semblait possible d'en attendre [1].

Aujourd'hui, nous voulons examiner :

Si les espérances anciennes ou nouvelles sont fondées;

Si les phénomènes à utiliser ont été analysés avec une rigueur suffisante;

Si les lois et formules usitées sont exactes, eu égard aux appareils réels;

Si les combinaisons proposées sont justes ou entachées d'erreur et, par suite, d'illusion;

Si une étude attentive des influences nuisibles ne permet pas de s'en affranchir ou au moins de les atténuer.

Désignons par i le courant, par T_d et T les travaux dépensés et récoltés

1. On sait que la première expérience de transport avec deux machines a été faite par M. H. Fontaine à l'exposition de Vienne en 1873. En France, MM. Chrétien et Félix ont réalisé les premières applications au labourage, aux élévateurs, aux grues, etc En Allemagne et en Angleterre, la maison Siemens développait parallèlement l'industrie du transport, attaquant la question des chemins de fer électriques

mécaniquement; par E, e, les forces électro-motrices du générateur et du récepteur, R la résistance totale.

Les équations (1) $T_d = E\,i$, (2) $T = e\,i$, (3) $i = \frac{E - e}{R}$ ou les deux premières avec (3) $T_d - T = i^2 R$, fixent les relations du transport.

Si on pose $K = \frac{e}{E}$ on arrive immédiatement à la relation $T = \frac{E^2 K (1 - K)}{R}$ (cette formule est due à M. Maurice Leblanc), et si on fait $K = \frac{1}{2} \pm c$, on a : $T = \frac{E^2 (\frac{1}{4} - c^2)}{R}$ ce qui prouve qu'à mêmes E et T, le rendement diminue quand R augmente. Cela est toujours vrai quand E a sa valeur maximum.

Les 3 équations, contenant 6 quantités, permettent d'exprimer trois de ces quantités en fonction des trois autres. Si on résoud par rapport à i, e, T_d, on trouve :

$$i = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2R}$$

$$e = \frac{2RT}{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}} = \frac{E \mp \sqrt{E^2 - 4RT}}{2}$$

$$T_d = \frac{E^2 \pm E\sqrt{E^2 - 4RT}}{2R}$$

ce qui donne pour valeur du rendement mécanique

$$K = \frac{2RT}{E^2 \pm E\sqrt{E^2 - 4RT}} = \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{4RT}{E^2}}.$$

M. Lévy arrive aux valeurs

$$e = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2}$$

$$k = \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{4RT}{E^2}}.$$

Il faut $\mp$ au lieu de $\pm$ dans ces deux formules, comme je l'ai signalé.

Cette valeur du rendement lui permet néanmoins d'en conclure la loi juste de symétrie dont j'ai parlé plus haut. Cela vient de ce que, avec le signe $\pm$ ces deux expressions donnent en réalité les valeurs de $E - e$ et de $\frac{E - e}{E}$, au lieu de e et $\frac{e}{E}$; et que si $\frac{E - e}{E} = \frac{1}{2} \pm c$, il en résulte que $1 - \frac{e}{E} = \frac{1}{2} \pm c$ ou $\frac{e}{E} = \frac{1}{2} \mp c$. La formule montre aussi que le rendement n'est indépendant ni de la récolte, ni de la distance.

De ces formules on peut conclure que, pour que les valeurs soient réelles, pour que le radical ne soit pas imaginaire, il faut que E^2 soit au moins égal à 4 R T. M. Lévy pose cette nécessité sous la forme $R \leqq \frac{E^2}{4\,T}$, résultat dont on ne se rend pas compte à première vue et dont l'auteur conclut que $\frac{E^2}{4\,T}$ est la limite de résistance au delà de laquelle il est impossible de transporter un travail T, E étant la plus grande force électro-motrice possible à employer au point de départ.

Mais si on met cette nécessité sous la forme $T \leqq \frac{E^2}{4R}$, elle devient toute naturelle; elle nous rappelle simplement la valeur maximum du travail transportable à travers une résistance totale R, quand la force d'origine est E.

Quant à la limite du travail transportable à travers une résistance donnée, elle n'existe, en réalité, que pour des raisons d'économie pratique.

L'auteur a été conduit à une conclusion contraire parce qu'il admettait implicitement qu'il n'y avait pas de meilleur moyen d'organiser les transports avec les forces électro-motrices d'origine maxima, que de faire travailler parallèlement des machines identiques dont chacune engendrerait la force électro-motrice maximum; dans cette condition on est, en effet, réduit à la limite de force électro-motrice qu'il est possible de confiner dans la carcasse du type adopté. Mais, au lieu d'agir ainsi, si on emploie des machines, par exemple de même carcasse, en tension, on peut théoriment accroître indéfiniment la force électro-motrice d'impulsion, en augmentant suffisamment les isolations utiles, et on n'est arrêté que par les limites si lointaines de désorganisation de la matière; de même que, dans un transport hydraulique, si on veut consentir à employer des conduites d'acier de plus en plus renforcées, on peut théoriquement employer des pressions d'origine de plus en plus considérables, et cela jusqu'aux limites de désorganisation de la structure de l'acier.

L'auteur, appuyant sur son idée, dit que, quelle que soit la force des appareils électriques et mécaniques, au delà de cette limite supérieure de résistance il y aura disruption, étincelles, tout le long de la ligne. Cette conclusion subsidiaire ne peut non plus être acceptée, car la tendance disruptive est fonction de la différence du potentiel d'un point, avec le potentiel de la terre; la tendance disruptive sera donc maximum aux points de potentiels différant le plus du potentiel de la terre, puis ira en décroissant jusqu'aux points de potentiels égaux à celui de la terre, s'il y a lieu, points où la tendance disruptive serait nulle, quelque immenses que puissent être les potentiels à l'origine.

L'expression du rendement montre que tant qu'on peut accroître E^2, proportionnellement aux accroissements de R, le rendement ne diminue pas; on pourrait même dire que, pourvu qu'on augmente E^2 plus rapide-

ment que R, on accroîtrait le rendement malgré les accroissements de R ; ces remarques ne me paraissent même pas mériter le nom de paradoxes que lui donne l'auteur, puisque l'expression usuelle *toutes choses égales d'ailleurs* comprend l'égalité du discernement dans l'organisation des divers transports, et qu'il faudrait en manquer pour se priver de la valeur maximum de E avec les petites distances de transport, si cette valeur est avantageuse. La formule nous montre que le rendement ne change pas si T, E, R varient dans la même proportion. L'auteur signale aussi l'économie qui pourrait être réalisée sur le nombre des machines d'un transport donné en excitant les électros de ces machines en circuit dérivé, au lieu de les exciter en circuit direct. Il est certain cependant que le nombre de machines de même carcasse et d'égale puissance sera identiquement le même, que leurs électros soient excités en circuit direct ou dérivé.

Les formules précédentes sont établies sans préoccupation des instruments réels auxquels il nous faudra bien avoir recours pour réaliser les forces électro-motrices d'origine et d'arrivée.

Pour faire rationnellement un pas de plus, il faut savoir au prix de quelle résistance intérieure une machine donnée est apte à engendrer une force électro-motrice donnée. On voit de suite que le coefficient d'utilité d'une machine (ce que j'ai appelé son rendement individuel), domine la question qui nous intéresse.

J'ai appelé rendement individuel d'une machine le quotient de ce qu'elle produit d'Énergie disponible, divisé par ce qu'elle absorbe d'Énergie en totalité. Avec les machines excitées en circuit direct, ce rapport revient à celui des différences de potentiel ; E et e étant les forces électro-motrices, r et ρ le résistances intérieures, comme générateur et comme récepteur à un même régime (allure-intensité), le rendement individuel comme source est $\frac{E - ri}{E}$; le rendement individuel comme récepteur est $\frac{e}{e + \rho i + \frac{gt'}{i}}$,

t' étant, en kilogrammètres, le travail par seconde des résistances passives du récepteur.

Remarquons que si nous posons $\frac{E}{ri} = m$, $\frac{e}{\rho i + \frac{gt'}{i}} = m'$, les rendements individuels deviennent $\frac{m-1}{m}$ et $\frac{m'}{m'+1}$. Le rendement d'un transport d'Énergie à travers une résistance de liaison Nρ est alors :

$$\frac{m-1}{m} \times \frac{m'}{m'+1+N} \text{ ou } \frac{m-1}{m+1+N} \text{ si } m' = m$$

Lorsqu'il y a intérêt, je fais aussi $m = \frac{E}{ri + \frac{g\theta}{i}}$.

Dans l'expérience de Munich que nous analyserons plus bas, on avait : $m = 3$; $m' = 0,9$; $N = 0,6$, d'où, rendement $= 0,2$.

On voit que plus m et m' sont grands, plus les deux rendements individuels sont grands, plus le rendement du transport est grand. La valeur de m et de m' détermine donc la valeur des rendements. Il est donc légitime d'appeler cette valeur la *déterminante* d'une machine à un régime donné.

La discussion de la valeur de la déterminante permet facilement de fixer les conditions d'amélioration possible des machines, elle montre, par exemple, qu'il y a tout avantage à augmenter la masse magnétique inductrice d'un générateur et à augmenter la dépense d'Énergie faite sur les électros, malgré l'augmentation qui en résulte pour la résistance de la machine, et cela tant qu'augmente la déterminante.

A fortiori, on voit combien serait avantageux l'emploi de puissants aimants inducteurs. A égalité de force, cette transformation de la machine Gramme C ferait passer sa déterminante de la valeur 4 à la valeur 14. C'est pour cette raison que les puissantes machines alternatives de M. de Méritens (pour les phares) ont un bon rendement, malgré les inconvénients des courants alternatifs que nous mettrons en évidence plus bas.

Après avoir exprimé E, r, i, en fonctions des éléments dont ils dépendent, la discussion indique de suite l'avantage consistant à diminuer ce que j'ai appelé la résistance du fil mort, c'est-à-dire de la partie du fil induit qui échappe à l'action inductrice.

Ces indications évidentes, grâce à la déterminante, m'ont permis de signaler ces perfectionnements, que M. Edison a très pratiquement appliqués ultérieurement à ses machines à lumière du type Siemens.

La déterminante montre que l'on accroît le rendement individuel d'une machine en abaissant l'intensité du régime, parce que E diminue moins vite que i, mais la puissance de la machine est abaissée dans une plus grande proportion que i.

Nous allons voir à quelles conclusions erronées a pu conduire le calcul et l'hypothèse que les machines devaient fonctionner selon les lois et formules usuelles de première approximation.

M. Marcel Deprez, au Congrès officiel, a reproduit un calcul antérieur destiné à montrer tout le parti qu'on peut tirer d'après lui, de l'accroissement de finesse des enroulements inducteur et induit d'une carcasse donnée.

En admettant implicitement que les machines devaient fonctionner d'après les données de première approximation, il montre qu'avec deux machines Gramme type C, expérimenté à Chatham, mais en rendant le fil 50 fois plus fin, on peut transporter environ 10 chevaux à travers 50 kilomètres de fil télégraphique ordinaire, avec un rendement de 65 pour 100. M. Deprez concluait que ce résultat était bien de nature à prouver que le rendement était indépendant de la distance.

J'ai montré au Congrès que si on se bornait à réduire les kilomètres de 50 à 1, le matériel et les hypothèses restant les mêmes, on transportait

11 chevaux au lieu de 10, et le rendement passait de 65 à 76 pour 100 à même régime de générateur.

M. Deprez estimant peut-être que 65 pour 100 n'était pas un rendement suffisant, publia par la suite un nouveau calcul sur la même carcasse C et le même transport, et cette fois il arriva, toujours sur le papier, au rendement de 80 pour 100, en rendant le fil 55 fois plus fin qu'à Chatham. Il est vrai que ce résultat de calcul est obtenu grâce à une double erreur, de fait d'abord, de principe ensuite comme nous allons le montrer.

J'ai pensé à ce moment qu'il devenait urgent de fixer, par une formule générale, les résultats des finesses d'enroulement et des autres éléments variables, afin de n'avoir plus à recommencer toujours des calculs algébriques analogues.

Notant d'abord qu'à même densité de circulation inductrice et induite, les champs magnétiques et électriques étaient admis constants, il en résultait que le travail par tour était constant, et par conséquent le travail par seconde était proportionnel à l'allure. Donc :

Une puissance donnée transportée correspondra à une certaine allure du récepteur, allure constante, quelle que soit la finesse d'enroulement.

La dépense d'Énergie sous forme calorique sera constante, que la machine soit source ou récepteur, quelle que soit l'allure et quelle que soit la finesse d'enroulement.

L'allure du générateur sera d'autant plus modérée et le rendement du transport d'une puissance donnée sera d'autant meilleur, que la résistance de liaison est plus petite et que la finesse est plus grande; la limite favorable de ces deux quantités correspond au cas où la résistance de liaison étant nulle, la finesse est quelconque, ou au cas où la résistance de liaison étant quelconque, la finesse est infinie.

Ces dernières remarques nous permettent de suite de donner les valeurs maximum du rendement et minimum de l'allure du générateur, pourvu que nous connaissions un groupe quelconque N, i, r, a, des valeurs mécanique et électriques de la carcasse, avec un enroulement quelconque; ces valeurs limites sont :

$$\text{R}^{\text{dt}} \text{ limite} = \frac{\text{P}}{\text{P} + \dfrac{2\, i^2 (r + a)\, 0{,}10192}{75}}$$

$$\text{N limite} = \frac{75\, \text{N} \left[\text{P} + \dfrac{2\, i^2 (r + a)\, 0{,}10192}{75} \right]}{\text{E}\, i \times 0{,}10192}$$

Si on fait P = 10 chevaux, N, i, r, a ayant les valeurs de Chatham, on trouve pour rendement limite de la carcasse C, 72,67 pour 100, et M. Deprez trouvait 80 pour 100 avec un enroulement seulement 55 fois plus fin qu'à Chatham, au lieu d'un enroulement qui doit être plus fin à l'infini.

En suivant le calcul de M. Deprez, on voit les causes de son erreur : d'abord il fait remarquer, ce qui est juste, que dans la plupart des machines, toute l'Énergie consommée à exciter les électros n'est pas utilisée avec un égal rendement, et que, par exemple, pour la carcasse C, une dépense de 10 kilogrammètres (sous forme de courant) produit un champ magnétique d'une certaine valeur ; mais que si on dépense davantage on n'accroît que peu le champ, relativement à l'accroissement de dépense.

Alors il fait son calcul avec une dépense de 10 kilogrammètres sur les électros ; mais il oublie cela, car en même temps il admet que le champ magnétique a conservé la même valeur qu'à Chatham où il était dépensé sur ce champ, non pas 10, mais 100 kilogrammètres [1].

En outre, en poursuivant son calcul avec l'enroulement K fois plus fin qu'à Chatham, il arrive à la relation

$$E - e = 12\,K + \frac{36,000}{K}$$

et il cherche, on ne sait pourquoi, la valeur de K qui rend $E - e$ minimum ; il trouve alors $K = 54,8$, et rendement $= 80$ pour 100 ; mais il est certain que le minimum de $E - e$ n'a rien à faire dans la question ; ce qu'il faut rendre minimum, c'est le travail non récolté, c'est $(E - e)\,I$, or I, loin d'être constant, est aussi variable que K, car on a $I = \frac{i}{K}$ [2].

Il est facile de trouver le minimum de $(E - e)\,I$ en remarquant que ce travail perdu en chaleur se compose du travail calorique des deux machines que nous savons constant et dont nous connaissons la valeur et du travail $I^2 R$ sur la résistance R de liaison, ce produit, seule quote-part variable, est minimum pour $I = o$, c'est-à-dire pour $K = \infty$, pour un enroulement fin à l'infini.

Si on corrige la première erreur de l'auteur et qu'on cherche la valeur de K qui rende $E - e$ minimum, on trouve $K = 28,8$, ce qui mènerait à un rendement de 53,7 pour 100 ; mais, encore une fois, cette recherche n'a aucun intérêt, elle constitue une erreur de principe.

Les formules des valeurs limites peuvent aisément donner l'allure du générateur et le rendement correspondant à toute résistance de liaison R et à toute finesse K, il suffit d'ajouter au dénominateur du rendement et dans la parenthèse du numérateur de l'allure, le terme $\frac{R\,i^2}{75\,g\,K^2}$ qui est en chevaux la puissance perdue sur la résistance de liaison.

Si alors on introduit les valeurs de puissance transportée et de finesse du premier calcul de M. Deprez, on retombe sur le rendement de 65 pour 100 qu'il avait trouvé dans son premier calcul.

1. *La lumière électrique*, année 1881, n° 79, page 457.
2. *i* étant la valeur de Chatham.

Si nous nous reportons à la valeur de la déterminante et aux expressions qui en dépendent, nous retombons sur les mêmes conclusions, nous voyons que, en s'en tenant aux hypothèses de première approximation, la valeur de la déterminante ne varie pas pour même densité de circulation et même allure, quand on varie la finesse d'enroulement des mêmes carcasses. Mais nous voyons aussi que la valeur de N diminuant quand ρ augmente, le rendement du transport, à travers une résistance donnée de liaison augmente tant qu'on augmente la finesse d'enroulement.

Je vais montrer que les hypothèses du premier degré ne suffisent pas à représenter le fonctionnement des machines.

M. Deprez a récemment proposé (dans une note à l'Académie) d'exprimer le travail des moteurs électriques et leur rendement mécanique en fonction d'éléments mécaniques, soient :

r Résistance d'un moteur,
R Résistance totale du transport,
F Couple mécanique du moteur,
F_1 Couple mécanique du générateur,
V Vitesse angulaire du moteur,
V_1 Vitesse angulaire du générateur.

Il admet qu'en marche comme au repos le travail consommé thermiquement sur le récepteur, c'est-à-dire $\frac{r i^2}{g} = \varphi$ (F), ce qui serait exact si on avait $F = \psi \left(\frac{r i^2}{g}\right)$; mais, en réalité, pendant la marche, on peut avoir : $F = \psi \left(\frac{r i^2}{g} \text{ et de } V\right)$; il serait donc seulement exact de dire qu'on a : $\frac{ri^2}{g} = \varphi$ (F et de V).

Mais alors il ne reste plus rien du système.

J'ai contesté cette affirmation avec pièces à l'appui dans une note à l'Académie, le jour même où a paru le compte rendu.

M. Maurice Lévy a également protesté, faisant remarquer que la vitesse entre dans les fonctions qui expriment le champ et la force électro-motrice des moteurs (séries illimitées suivant les puissances entières de la vitesse).

Antérieurement, j'avais énoncé les mêmes conclusions sous une autre forme, et j'avais donné les moyens de sommer expérimentalement ces séries illimitées ; note communiquée à l'Académie sous le titre : « Dans les transports d'Énergie avec deux machines dynamo-électriques identiques, le rapport des vitesses n'exprime pas la valeur du rendement ; le rendement égale le produit du rapport des vitesses par le rapport des champs. »

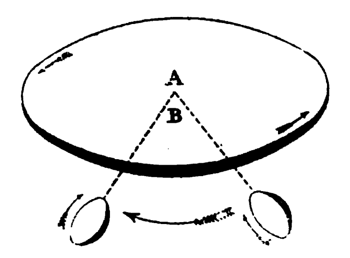
L'expression à laquelle arrive l'auteur, rendement :

$$K = \frac{FV}{V_1F_1} = \frac{FV}{FV + \frac{R}{r}\varphi(F)} = \frac{V}{V + \frac{R}{r}\frac{\varphi F}{F}}$$

est une expression fausse, puisque F et F_1 sont à tort considérés comme nécessairement fixes ; l'expression *prix de l'effort statique* n'a plus d'intérêt puisque c'est l'effort dynamique qu'il nous faudrait, effort qui peut être différent à chaque allure. Il est également erroné de conclure que, lorsque les deux machines sont identiques, le rendement égale toujours le rapport des vitesses. Nous verrons, en effet par l'expérience même de M. Deprez, de Miesbach à Munich, que le couple mécanique récepteur n'était que le tiers du couple générateur, et le couple statique occupait donc une valeur intermédiaire entre ces deux valeurs si distantes.

Dans les machines industrielles usuelles aux régimes habituels, le désaccord peut exister moindre, mais non nécessairement négligeable, par exemple dans les conditions des machines à labourage qu'employait M. l'ingénieur Félix, le couple récepteur était les $\frac{3}{4}$ du couple générateur.

Cet accroissement du champ statique pendant la marche pour le générateur, et cette diminution pour le récepteur doivent être attribués aux actions réflexes qui interviennent entre le champ magnétique et le champ électrique en mouvement ; l'effet résultant est une conséquence de la loi de Lenz ; on peut le suivre simplement sur la figure ci-dessous qui représente



en perspective deux spires de l'anneau d'une machine Gramme fonctionnant comme générateur ; la grande circonférence est la circulation électrique par laquelle nous représentons la résultante magnétique ; les pleins sont au-dessus du tableau. Les flèches nous montrent le sens des courants et de la marche, et nous voyons que l'action de ces deux spires renforce la résultante des courants d'Ampère. Au contraire, si la machine agissait comme récepteur, l'action de toutes les spires en mouvement diminuerait la résultante des courants d'Ampère.

Il est facile de mettre en évidence la réalité et l'importance de ces réactions, même avec les allures industrielles. En effet, les personnes qui ont pratiqué les machines dynamo-électriques ont remarqué depuis longtemps que pour une allure donnée N du générateur le récepteur indentique ne donne généralement pas son travail maximum pour une allure *n* égale à la moitié de celle du générateur, et cette discordance peut être plus ou moins grande ; fixons les idées par un exemple bien net choisi dans le domaine industriel : Pour les machines à labourage qu'expérimentait M. Félix, la récolte maxi-

mum sur le récepteur existait lorsqu'on avait $n = \frac{2}{3} N$; or, le travail récolté a pour valeur $\frac{(E - e)\, e}{r + R + \rho}$. Si E est constant, le maximum a lieu pour $e = \frac{E}{2}$; si E n'est pas constant et est fonction de i, ce qui est le cas des machines dynamo-électriques, on peut admettre que, dans les conditions usuelles d'emploi de ces machines, les variations de E ne modifieront pas les conditions de maximum ; on aurait alors, en appelant les couples C et c : $2c = \frac{1}{2}\, 3\, C$, ou $c = \frac{3}{4}\, C$. En tout cas, on peut affirmer rigoureusement que $c \leqslant \frac{3}{4} C$, car un accroissement de e au delà de $\frac{E}{2}$, c'est-à-dire en dessus de la valeur correspondante au maximum lorsque E est fixe, aurait pour effet de diminuer $E - e$, plutôt davantage lorsque la diminution d'intensité tend à diminuer le champ inducteur de la source. Le produit diminuerait donc davantage que si E était indépendant de l'intensité ; le travail correspondant à $e = \frac{E}{2}$ serait donc *à fortiori* une limite supérieure.

L'entente de ce genre de réaction fait comprendre aussi comment un récepteur peut prendre une allure plus rapide que son générateur de construction identique.

Ainsi, avec deux machines identiques, les champs peuvent être inégaux et d'autant plus inégaux que la masse magnétique est plus influençable, que le champ électrique est plus intense et que l'allure est plus rapide.

Nous sommes donc en présence d'une première cause de désaccord, qui peut être fort important, entre les lois et les formules de première approximation et la réalité. Cette influence, fâcheuse pour les récepteurs, peut se trouver masquée à première vue dans le fonctionnement des machines, mais elle n'en existe pas moins dans tous les cas. On sait que les comptes rendus de l'Académie des sciences du 27 décembre 1880 ont inséré notre théorème électro-dynamique qui nous a permis de combiner des transformateurs de courant décrits en détail dès cette époque. Un seul courant-mère étant rendu extérieurement constant, ces appareils sont aptes à le transformer en divers lieux sur son passage et à verser localement des débits électriques, de grandeurs quelconques, constants, de même sens ou de sens alternatifs, malgré toutes modifications en force électro-motrices et en résistances sur les circuits locaux d'exploitation. Ces appareils m'ont paru constituer de véritables *robinets électriques* et mériter cette appellation.

Or, l'expérience confirme, dans certains cas, l'invariabilité du lien qui existe dans une machine entre son couple mécanique et l'intensité de la circulation électrique, et mon robinet électrique est doublement basé sur l'invariabilité de ce lien, puisque ce transformateur comprend : 1° une machine à laquelle j'assure un couple constant, à toutes vitesses, par une

intensité rendue extérieurement constante ; 2° une machine à laquelle j'assure mécaniquement un couple constant, à toutes vitesses, et sur le circuit extérieur de laquelle je recueille un courant constant.

Mais, comme nous venons de le voir, l'expérience a montré, malheureusement que ce lien peut, dans certains cas, varier avec la vitesse, ce qui détruisait alors mon théorème et mes robinets.

Lorsque j'ai fait remarquer combien dans les conditions de l'expérience de Munich, le champ et le couple mécanique étaient fonctions de la vitesse et du sens de cette vitesse, M. Deprez a voulu prouver que cela était impossible, en répétant l'expérience dans laquelle on voit l'intensité d'un récepteur rester constante pour une charge constante du frein, malgré les accroissements de vitesse, sous des différences de potentiel croissantes. M. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Institut, assistait à cette séance. Mon théorème avait donc la bonne fortune d'être plus défendu par M. Deprez que par moi.

M. Bertrand signala cette remarque à l'Académie, en fit ressortir toute l'importance ainsi que celle de cette autre remarque réciproque, que lorsque l'intensité est constante, le couple mécanique est constant; il appelait ces deux remarques deux théorèmes, mais il les attribuait à M. Marcel Deprez. Or, l'ensemble de ces deux faits constitue mon théorème précité, qui se trouvait simplement débité en deux moitiés. M. Bertrand rectifia son dire, au reçu de ma réclamation de priorité, accompagnée des extraits des comptes rendus qui avaient inséré mon théorème deux ans plus tôt.

L'expérience à laquelle M. Deprez fit assister M. Bertrand ne prouve d'ailleurs qu'une seule chose, c'est que ce récepteur était compensé, tandis que celui de Munich ne l'était pas.

M. le docteur James Moser m'a informé qu'en reproduisant l'expérience du récepteur à charge constante il avait réalisé des cas où l'intensité croissait, malgré l'accroissement de vitesse du récepteur, qui était une des petites machines de M. Trouvé. Dans cette expérience, le récepteur était actionné par un nombre croissant d'éléments de piles.

Pour arriver à remédier à cet effet rédhibitoire, il m'a donc fallu d'abord analyser de très près le phénomène. C'est dans de telles circonstances que je suis arrivé à la théorie ébauchée plus haut, laquelle rend parfaitement compte de tous les effets, et explique comment, par une heureuse conjoncture, certaines machines génératrices, qui dépensaient plus qu'il n'était utile en Énergie inductrice, se sont trouvées, par ce fait même, constituer des moteurs à l'abri dudit effet. Le constructeur avait, de fait, dépensé, sous forme de circulation électrique, plus d'Énergie qu'il n'était strictement nécessaire pour créer le champ *statique;* c'est dire que le remède, conscient ou non, consiste à dépenser pour le champ d'un moteur, un supplément, une réserve d'Énergie convenable et convenablement placée pour maintenir, à toutes vitesses, la saturation magnétique des masses inductrices qui peuvent être influencées par le champ électrique en mouve-

ment, de telle sorte que cette réserve comble le déficit de champ magnétique, à mesure qu'il se produit sous cette influence secondaire. Il ne faut pas perdre de vue que ce résultat est payé par une dépense d'Énergie correspondante.

Une autre solution consisterait à alimenter le champ par une circulation extérieure et à faire travailler l'induit à circuit ouvert ; le champ ne serait pas influencé, mais le travail extérieur serait réduit à zéro.

Ainsi, même quand la compensation est réalisée, l'expression de M. Deprez, prix de *l'effort statique*, n'est pas applicable au fonctionnement des machines, puisque ce qu'on paye, c'est le *prix de l'effort dynamique*, puisque le prix payé est toujours plus grand que le prix statique qui aurait suffi pour assurer, au repos, le champ effectif qu'on utilise en marche. Le prix nécessaire de l'effort dynamique est d'autant plus grand, par rapport au prix statique, que la vitesse et le champ électrique sont plus grands. L'expression *prix de l'effort statique* est donc, en tous cas, impropre et inacceptable dans le sens général visé par l'auteur.

Une seconde cause de désaccord, qui peut être fort importante, entre la réalité du fonctionnement des machines et les formules de première approximation consiste dans l'accroissement de la résistance effective des machines en marche. Pour une même carcasse, pour un même volume induit, cet accroissement augmente avec la vitesse et avec la finesse d'enroulement ; et comme il augmente plus vite que le carré de cette finesse, il en résulte que la déterminante d'une machine à un régime donné (allure, densité de circulation) diminue à mesure que son enroulement est plus fin ; par conséquent, les rendements individuels de la machine diminuent à puissance égale, ce qui détruit vite l'avantage attribué aux enroulements très fins par la théorie de première approximation. Comme on n'est conduit aux enroulements très fins, qui sont très coûteux, très difficiles à construire, très faciles à mettre hors de service, comme on n'y est conduit qu'en vue des grandes résistances de liaison, on ne peut guère se résigner à cette diminution des rendements individuels, et on essaye alors de les rétablir en faisant un sacrifice, conscient ou inconscient, sur la puissance de la carcasse ; l'expression de la déterminante nous montre qu'il n'y a pas d'autre moyen. Nous verrons que ce sacrifice ne suffit pas.

Le fait de l'accroissement de la résistance intérieure effective des machines à collecteur a été prouvé expérimentalement par moi, il y a plusieurs années ; le moyen que j'avais employé m'a permis d'arriver à des mesures exactes ; il ne serait peut-être pas très commode ailleurs que dans des ateliers aussi bien agencés que ceux de MM. Sautter Lemonnier, où, grâce à M. Lemonnier, j'ai trouvé une hospitalité bienveillante et le concours de M. Sacquet, ingénieur-électricien de la maison. J'ai enlevé deux anneaux Gramme, type A, identiques, de leurs flasques métalliques, je les ai montés entre des flasques de bois munies de balais, de façon à les faire tourner dans des plans rigoureusement parallèles, à des vitesses identiques, j'évitais ainsi toute induction, sauf celle de la terre, et j'annulais,

dans l'ensemble, l'induction de la terre, en reliant convenablement les deux bobines. Dans ces conditions, j'ai mesuré, au galvanomètre universel de Siemens, la résistance de ce double anneau en mouvement, par la méthode ordinaire du pont de Wheatstone et par d'autres méthodes. J'ai signalé un accroissement d'un quart environ de la résistance de l'anneau au repos, pour une vitesse d'environ 500 tours par minute[1]. Au Congrès officiel, M. Joubert, d'accord avec moi sur le fond, a exprimé une préférence de forme. En fait, il est indifférent qu'un même accroissement du travail dépensé et confiné dans une machine soit compté sous forme mécanique ou calorique; philosophiquement et électriquement, on peut considérer le phénomène de *self-induction* comme un moyen qu'emploie la nature pour manifester l'accroissement de difficulté qu'elle rencontre à produire une circulation donnée pendant l'état variable des tensions dans les spires, en marche, par rapport à l'état permanent des tensions dans les spires, au repos : c'est bien là l'idée de résistance accrue.

Nous avons pu constater ce déficit de travail, d'origine électrique, dès l'apparition des premiers galvanomètres dits d'intensité et de force électromotrice; ces premiers appareils de mesures industrielles étaient dus à M. Gaiffe; ils étaient très consciencieusement étalonnés. Dans des études publiées antérieurement, j'avais insisté sur la nécessité de mesurer la résistance intérieure des machines pendant la marche. Par la suite, M. Gaiffe m'apprit qu'il avait essayé cette mesure sur ses machines à nikeler; qu'il avait constaté un accroissement en marche, mais qu'il n'avait pu le mesurer à cause de la perturbation causée par l'induction de la machine. Mon dispositif précité a résolu cette difficulté.

Nous avons choisi notre manière de compter le surcroît de travail, parce qu'elle paraît être d'une plus commode adaptation aux formules usuelles de Ohm et de Joule.

Nous verrons que, malheureusement, l'accroissement effectif peut devenir très important pour les enroulements fins et les grandes allures.

Cette première communication à l'Académie a été assez peu remarquée à l'époque; puis le phénomène a été mis en doute par M. Géraidy, qui se fondait sur l'opinion de M. Deprez, sur celle de M. d'Arsonval et surtout sur les expériences de M. Lacoine, ingénieur distingué, chargé des services télégraphiques à Constantinople. M. Lacoine avait cru pouvoir conclure de ses expériences intéressantes et poussées jusqu'à de très grandes vitesses, que l'effet attribué par moi à la constitution induite des machines à collecteur venait simplement de la résistance, au passage, causée par le contact imparfait des balais, pendant le mouvement.

1. Les chiffres publiés par la Commission composée de MM. Tresca, Joubert, Potier..., montrent que le désaccord entre le travail mécanique dépensé et la somme des travaux électriques du circuit (machine et lampes) est relativement d'autant plus grand que la finesse d'enroulement induit est plus grande. (Exposition internationale d'électricité.) Voir à la dernière colonne, page 752, n° 18, année 1882, *Comptes rendus de l'Institut*, le déficit, presque nul pour les petites résistances intérieures, arrive à être de 1/3 pour la dernière colonne.

J'ai répondu que mes expériences m'avaient prouvé que la résistance au passage était d'un ordre négligeable avec des balais diffus à fils fins de cuivre, et que je pensais que M. Lacoine pourrait s'en convaincre en reprenant ses expériences avec des balais de ce genre, au lieu des balais vibratils en lames d'acier qu'il avait employés; je prévoyais même qu'avec les balais d'acier il pourrait faire disparaître l'accroissement de résistance au passage, en augmentant suffisamment le serrage de contact de ces balais contre le collecteur. M. Lacoine reprit ses expériences, et, avec une loyauté qui n'est pas toujours habituelle dans les discussions scientifiques, il publia ses nouveaux résultats, déclarant qu'ils prouvaient la justesse de mes observations.

Tout récemment, dans la publication scientifique consacrée à l'électricité, dirigée par M. le comte du Moncel, une note de la rédaction, à propos des expériences de MM. Jamin et Manœuvrier [1], conteste de nouveau la *prétendue augmentation de résistance des machines en marche*. Dans ces récentes expériences, une pile Bunsen et un galvanomètre étaient intercalés dans le circuit d'une machine à lumière à courants alternatifs de Gramme, et l'on observait que l'indication galvanométrique restait la même, la machine au repos ou en marche; la rédaction en conclut qu'il n'y a pas d'accroissement de résistance en marche.

Je ferai d'abord remarquer que, si M. Jamin avait pensé que cette expérience renversât les conclusions qu'il avait tirées autrefois de ses expériences avec M. Roger sur les machines alternatives de l'alliance, il n'aurait pas manqué de le dire expressément. Mais, en outre, il est facile de comprendre et d'expliquer nettement ce qui se passe : le galvanomètre ne doit pas être et n'est pas influencé par les forces électromotrices alternatives égales de la machine; il n'est donc soumis qu'à la force électromotrice de la pile; quant au circuit de cette force électro-motrice, il comprend la résistance du galvanomètre, celle de la pile, le reste de la résistance extérieure à la machine et la résistance de l'induit Gramme. Toutes ces résistances sont invariables pour la force électro-motrice de la pile, y compris le fil induit de la machine, puisque le courant de la pile entre et sort toujours par les deux mêmes bouts de ce même fil invariable. Or, la nature est juste jusqu'à l'absolu; elle veille à ce que chaque cause produise un effet borné à la stricte responsabilité qui lui incombe.

Bien différente est la condition de chaque force électro-motrice engendrée alternativement sur le fil induit : elle exerce, il est vrai, toujours son action sur le même fil, intérieur et extérieur, mais elle change à chaque alternance le sens de cette action, et l'effet est le même que si l'on avait deux points dont la différence de potentiel fût de sens constant et que l'on mît les deux mêmes bouts du circuit total successivement et inversement en contact avec les deux points en question. Il en résulterait et il en résulte que les lois de la période permanente des tensions ne sont pas

1. *La lumière électrique*, année 1882, n° 28, page 65.

applicables, mais bien celles de la période variable. Telle est la première cause de l'accroissement de résistance du circuit total avec les machines alternatives; l'effet en est accru par l'action réciproque des spires de l'enroulement.

Dans les machines à collecteur, nous trouvons un effet du même ordre, mais qui est restreint à la résistance intérieure de la machine et même à la résistance de l'anneau, puisque, hors de l'anneau, le sens du courant est invariable, ainsi que le régime des tensions.

Dans un anneau Gramme ou Siemens, non seulement le sens du courant change deux fois par tour, pour tout élément, du fil induit, mais encore la distribution des tensions change constamment en tout point du fil induit. Nous sommes donc en présence d'une perpétuelle période variable pour tout le fil induit. Telle est la raison analogue de l'accroissement de résistance intérieure pendant la marche des machines à collecteur.

Il résulte de ces conditions cette différence importante par rapport aux machines alternatives, que l'accroissement de résistance est ici borné à l'anneau, mais qu'il existe aussi bien pour les forces électro-motrices de l'anneau que pour celles du circuit extérieur; il est donc légitime et nécessaire de les faire figurer en tous cas dans les formules, aussi bien pour le récepteur que pour le générateur.

Des formules de Gaugain, on déduit que la durée des propagations relatives varie comme les produits du coëfficient de charge par le cube des longueurs du fil induit d'une même carcasse, ou par la puissance $\frac{3}{2}$ de sa résistance; ce temps intervient dans la valeur de la résistance effective, et l'accroissement effectif, à même régime, varie toujours plus vite que l'accroissement de résistance par augmentation de la finesse du fil. Si on tient compte, en outre, de ce qui est consommé d'Énergie sous forme de recomposition des charges dynamiques du fil, et des charges électrostatiques dues au diélectrique qui sépare les spires de fil, on se rend pleinement compte du résultat défavorable qui, à régime égal (densité de circulation-allure), abaisse la déterminante, et par suite le rendement individuel d'une carcasse, à mesure qu'on augmente sa finesse d'enroulement.

Ainsi, les lois et formules de première approximation sont, à plusieurs titres, insuffisantes à représenter le fonctionnement des machines; il faut tenir compte des réactions des ordres supérieurs, qui, malheureusement, ne sont nullement négligeables [1]. Il m'a paru que le moyen le plus exact

1. M. le Dr Frœlich a fait de nombreuses et importantes recherches expérimentales dans les ateliers de la maison Siemens et Halske; il admet que l'intensité seule détermine le champ magnétique et le couple mécanique du générateur et du récepteur, il est conduit à une théorie du premier degré qu'il est obligé de corriger par des coefficients numériques. Il remarque le désaccord entre le rendement et le rapport des vitesses, et l'attribue aux courants de Foucault, du fer de l'armature; mais, sans qu'il soit besoin d'aucun argument théorique, il suffit de remarquer que la maison Siemens a construit des machines dans lesquelles le fer de l'armature était immobile, elles auraient dû échapper au déficit qui néanmoins ne disparaissait pas.

et le plus pratique d'y arriver était de sommer tous ces effets d'ordres supérieurs, en les faisant rentrer dans l'une ou l'autre des deux quantités effectives suivantes : le champ magnétique effectif et la résistance intérieure effective; ces deux quantités devant être déterminées expérimentalement.

En voici une méthode assez simple : Bien entendu, nous représenterons le champ effectif d'une machine par la valeur de la force électro-motrice qu'il engendre, à une allure donnée et à une intensité donnée, pour une longueur ou finesse donnée d'enroulement induit. Je désigne par ${}_{NI}E$ la force électro-motrice de la machine générateur au régime NI; E_{NI} celle de la même machine récepteur au même régime; ${}_{NI}\epsilon$, ϵ_{NI} les différences de potentiel aux bornes générateur et récepteur, t travail par seconde (kilogrammètres) au frein comme récepteur, t' travail passif déterminé du récepteur,

nous avons $\epsilon_{NI} I = g(t + t') + r I^2$, $E_{NI} I = g(t + t')$, ${}_{NI}E = {}_{NI}\epsilon + r I$;

d'où nous tirons : $r = \frac{\epsilon_{NI}}{I} - g \frac{t + t'}{I^2}$

$E_{NI} = \frac{g(t + t')}{I}$ force contre-électro-motrice brute et $\frac{gt}{I}$ force nette.

$$ {}_{NI}E = {}_{NI}\epsilon + \epsilon_{NI} - g \frac{t + t'}{I} ; $$

le rapport des champs récepteur et générateur est donc :

$$ \frac{C_{NI}}{{}_{NI}C} = \frac{E_{NI}}{{}_{NI}E} = \frac{g(t + t')}{({}_{NI}\epsilon + \epsilon_{NI}) I - g(t + t')} . $$

Grâce à de telles déterminations préalables, il devient possible, soit de mesurer, soit d'organiser toutes les conditions de fonctionnement d'une machine comme générateur ou comme récepteur, seulement avec l'allure et un galvanomètre d'intensité.

La valeur du champ statique est donnée en faisant passer un I de provenance extérieure dans le fil des électros, et en observant à l'allure N et à circuit ouvert la différence des potentiels à l'entrée et à la sortie de l'anneau induit [1].

1. J'ai fait remarquer que, dans tous les cas où M. Deprez a ainsi construit, à circuit ouvert, la courbe des forces électro-motrices d'une machine (courbe qu'il appelle caractéristique), il a eu nécessairement des ordonnées trop faibles, lorsque la réaction secondaire électro-magnétique n'était pas masquée; il a également fait erreur en moins chaque fois qu'il a déterminé les forces électro-motrices par le produit de l'intensité et de la résistance totale statique, erreur d'autant plus grande que le fil était plus fin et l'allure plus rapide.

Nous allons appliquer ce qui précède à l'expérience de M. Marcel Deprez, de Miesbach à Munich, qui, sans avoir réalisé ses espérances et ses affirmations, n'en est pas moins très intéressante et fort instructive.

Les données de cette expérience étaient, d'après M. Deprez : deux machines Gramme identiques, carcasse d'atelier, inducteur renforcé, enroulement très fin, résistance intérieure de la machine au repos $a = 470$ ohms, résistance de la ligne aérienne de 57 kilomètres reliant le générateur au récepteur 950 ohms, allure du générateur et du récepteur 2.200 et 1.500 tours, travail mécanique récolté au frein Carpentier sur le récepteur $\frac{1}{2}$ cheval. M. Deprez en concluait qu'en négligeant les résistances mécaniques passives, il avait transporté ce $\frac{1}{2}$ cheval à 57 kilomètres, avec un rendement de $\frac{1500}{2200} = 68\ \%$, et nous allons voir qu'il est possible de prouver, ainsi que je l'ai fait par une note à l'Académie, aussitôt qu'a paru l'affirmation de M. Deprez, que, en négligeant tout travail passif du générateur, ce rendement est de 21 % ou de 15 %, suivant que nous voulons tenir compte des pertes sur la ligne ou les négliger. Au sujet des pertes sur la ligne, l'auteur de l'expérience pensait que ces pertes ayant été mesurées au galvanomètre sans les machines, elles auraient les mêmes valeurs relatives dans tous les cas ; cette croyance est erronée, car la résistance effective de 1.500 à 1.700 ohms du récepteur, plus celle, double, de force contre électromotrice, augmentait singulièrement la conductibilité relative des dérivations.

Soient I i les intensités de départ et d'arrivée,
E e les forces électro-motrices du générateur et du récepteur,
r ρ leurs résistances effectives à leur allure respective,
R la résistance de la ligne,
a celle de la machine au repos,
ε ε_1 les différences de potentiel aux bornes du générateur et du récepteur,
t le travail utile récolté au frein (kilogrammètres-seconde),
t' le travail passif du récepteur,
N n les nombres de tours du générateur et du récepteur,

les formules $\rho = \frac{\varepsilon_1 i - gt}{i^2}$, $e = \frac{gt}{i}$, $r = a + \frac{(\rho - a)N}{n}$, $E = \varepsilon + ri$, $\frac{e}{E} =$ rendement, nous montrent que le rendement est de 21,06, sans tenir compte des travaux passifs ; et les formules $\rho = \frac{\varepsilon_1 i - g(t+t')}{i^2}$, $e = \frac{gt}{i}$,

$r = a + \frac{(\rho - a)\,N}{n}$, $E = \varepsilon + r\,i$, $\frac{e}{E}$ = rendement, [1] nous montrent que le rendement est de 21,77, en tenant compte des résistances passives du récepteur estimées au $\frac{1}{10}$ du travail récolté [2].

Les chiffres qui m'ont servi dans ces calculs sont ceux qui ont été publiés par M. le docteur James Moser [3], dans le bulletin de la Société internationale des Téléphones : $a = 460$, $R = 1.000$, $N = 2.100$, $n = 1.400$, $\varepsilon = 2.400$, $\varepsilon_1 = 1.600$, $i = 0{,}5$. Ces chiffres ont été observés par M. Marcel-Deprez; leur authenticité ayant été contestée par M. Sarcia et par M. Marcel Deprez, a dû être établie par moi devant la Société de physique, notamment par une lettre explicite de M. le docteur Von Beetz, président de la Commission électro-technique de l'Exposition de Munich. Les bulletins de la Société de physique en font foi.

Si nous tenions compte des pertes sur la ligne, par un calcul de fausse position, le rendement serait ramené à moins de 15 pour 100.

J'ai cru intéressant de passer par la filière de reconstitution des éléments électriques, mais on peut employer directement la formule :

$$\text{rendement} = \frac{g\,t}{\varepsilon\,i + \frac{N}{n}\left[\varepsilon_1\,i - g\,(t + t')\right] - a\,i^2\,\frac{N - n}{n}}$$

en admettant que $I = i$

ou l'une des formules :

$$\text{rendement} = \frac{g\,t}{\varepsilon\,I + \frac{N}{M}\left[\varepsilon_{1_I}\,I - g\,(t_I + t'_I)\right] - a_I\,I^2\,\frac{N - M}{M}}$$

$$\text{ou rendement} = \frac{g\,t}{\varepsilon\,I + I^2 \cdot \left[\frac{N}{n}\left(\frac{\varepsilon_1}{i} - g\,\frac{t + t'}{i^2}\right) - a\,\frac{N - n}{n}\right]}$$

selon qu'on peut faire une expérience, le générateur tournant à l'allure M sous l'intensité I, ou selon qu'il faut se contenter des observations de la seule expérience réelle de transport.

1. Il s'agit de la force électro-motrice nette d'un récepteur, sa valeur brute est $g\,\frac{t + t'}{i}$. La valeur brute ou nette pour un générateur est $E = g\,\frac{\tau - \theta}{i}$.

2. On vient de publier le certificat délivré à M. Deprez par le Comité électro-technique de l'Exposition de Munich. Dans l'expérience du Comité on a : $N = 1611$, $n = 752$, $\varepsilon_1 = 850$, $i = 0{,}519$, $a = 453$, $R = 950$ et un quart de cheval est transporté; en supposant même $t' = \frac{t}{8}$, la méthode ci-dessus donne 17 pour 100 de rendement. Toutes nos conclusions subsistent.

3. Membre de la Société française de physique. M. Moser tenait directement et publiquement ces chiffres de M. Sarcia, ingénieur de M. Deprez.

On voit que l'erreur de M. Deprez vient de la croyance usuelle, inscrite dans plusieurs ouvrages scientifiques, que le rapport des vitesses exprime toujours la valeur du rendement, lorsque les deux machines sont identiques. Cette opinion est à réformer; il faut dire : le rendement est égal au produit du rapport des vitesses par le rapport des champs.

M. Deprez avait eu le tort de reproduire sur ses deux machines Gramme identiques, l'idée appliquée par Edison à ses inducteurs de machines à lumière (forte masse de fer et économie relative de circulation inductrice). Cette modification était avantageuse pour le générateur, mais au contraire elle était nuisible pour le récepteur. Il améliorera donc notablement le rendement en n'employant à l'avenir, comme récepteur qu'une machine dont le champ ne puisse être amoindri par la réaction secondaire électro-magnétique à son allure de régime. J'ai indiqué le moyen d'obtenir ce résultat par une dépense convenable de circulation inductrice.

Le résultat avec l'emploi de l'enroulement très fin et des grandes vitesses a été de réduire à 2,5 environ chevaux la puissance du générateur, alors que la carcasse non renforcée avec l'enroulement ordinaire eût absorbé facilement 7,5 chevaux, dans les mêmes conditions de circuit total relatif ; et ce sacrifice, intentionnel ou non, sur la puissance du type, n'a pas suffi pour obtenir un rendement élevé.

Les chiffres du certificat délivré par le Comité de Munich [1] mettent en évidence le déficit de puissance (d'origine électrique); d'après ces chiffres, il est récolté en chevaux 0,25 sur le frein du récepteur, le récepteur absorbe $\frac{850 \times 0.519}{75\,g}$ chevaux $= 0,60$; en estimant à $\frac{1}{8}$ de la récolte, soit 0,03, le travail passif de frottement etc., en comptant le travail en chaleur sur le fil $\frac{453 \times \overline{0,519}^2}{75\,g} = 0,16$, on constate que la somme $0,25 + 0,03 + 0,16$ n'atteint pas 0,60; il reste un déficit de 0,16 pour le récepteur. Par conséquent, il faut tenir compte d'un déficit analogue pour le générateur; ce déficit sera $\frac{0,16 \times 1.611}{752} = 0,34$, puisque l'allure du générateur est de 1.611 tours, au lieu de 752.

Il faut donc ajouter 0,34 à 1,13, chiffre du travail électrique total du tableau du Comité, ce qui porte ce travail électrique total à 1,47; le rendement est donc $\frac{0,25}{1,47}$, soit 17 pour 100.

Cette déduction est incontestable, puisqu'elle est basée sur les chiffres mêmes du Comité. Ainsi, dans cette expérience officielle, il a été transporté un quart de cheval, avec un rendement de 17 pour 100.

La conclusion s'impose : les grandes longueurs de fil fin par paire de

1. *La lumière électrique*, année 1883, n° 5, page 130. La traduction de la pièce officielle est précédée d'appréciations de M. du Moncel, tout à fait en désaccord avec les chiffres du texte officiel et la conclusion nécessaire qu'ils comportent.

balais des machines à collecteur sont funestes, parce qu'elles accroissent beaucoup la valeur relative du déficit de puissance [1].

Certes, si l'on était condamné à l'emploi d'une carcasse déterminée pour opérer un transport donné à grande distance, il faudrait bien employer du fil fin, mais il faudrait aussi ne pas perdre de vue que ce ne serait pas sans grands inconvénients, et bien savoir surtout que, pour une distance donnée, en admettant qu'il soit possible de rendre le fil de plus en plus fin, ce ne serait nullement le fil de la plus grande finesse qui donnerait le rendement le meilleur, mais que ce serait du fil d'une certaine finesse, et qu'au delà de cette finesse, le rendement du transport diminuerait.

Toutes les fois que le transport sera important, il y aura grand avantage à employer une suite de machines à finesse aussi restreinte que possible, de façon à réaliser une très grande force électro-motrice d'origine, en échappant autant que possible à l'accroissement intérieur total de résistance de l'ensemble générateur de cette force électro-motrice.

Il est clair qu'au lieu de machines séparées, on pourrait également construire de grandes machines dont les éléments répondraient à ce desideratum qui est d'éviter les grandes longueurs de fil fin par paire de balais et par vitesse angulaire afférente à la paire de balais.

Les réactions précitées peuvent donner lieu à de nombreuses remarques relatives à la répartition et à la grandeur de la masse magnétique inductrice des générateurs et des récepteurs, à la dépense relative d'Énergie inductrice qu'il convient d'affecter aux générateurs et aux récepteurs, etc.

Si on admettait qu'une machine générateur pût travailler dans des conditions telles que son champ statique fût accru du $\frac{1}{N}$ de sa valeur, son circuit extérieur étant N fois sa résistance intérieure ; il en résulterait cette possibilité d'apparence paradoxale que, si on supprimait le passage du courant dans le circuit extérieur et dans le fil des électros, et si, en même temps, on remplaçait ce circuit extérieur par une résistance égale à celle du fil des électros, l'intensité ne changerait pas, la force électro-motrice et la résistance totale étant réduites dans la même proportion, le champ et la résistance totale devenant tous deux la $\frac{1}{N+1}$ partie de leur valeur. Ce générateur fonctionnerait donc sans dépense de courant pour l'excitation de ses électros ; mais il faut se hâter d'ajouter qu'un tel régime serait essentiellement instable, car le moindre affaissement du champ magnétique ou électrique produirait un désamorcement immédiat en vertu de leurs actions réflexes.

Il résulte de ce que nous avons établi que l'accroissement effectif de la résistance intérieure en marche est inhérent au système d'induction des

1. Ces machines étaient remarquables cependant sous le rapport du bon fonctionnement électrique du collecteur à lames libres, montées sur cercles isolants. Ce collecteur excellent sous le rapport électrique, est dû à M. Solignac, un de nos jeunes constructeurs, à l'esprit inventif et organisateur.

machines à collecteur, et je pense que cet effet nuisible est de nature à attirer une attention légitime sur le principe de l'induction unipolaire. Ce principe peut permettre en effet d'échapper à l'inconvénient signalé, le sens de l'induction et les tensions ne variant pas ; la vitesse des déplacements relatifs peut être poussée jusqu'aux limites d'ordre mécanique sans accroître la résistance intérieure de l'induit.

Il y a lieu de s'étonner que la tentative d'emploi du fil fin avec les machines à collecteur ait pu sembler nouvelle, puisque M. Gramme l'avait essayé dès 1869; on voyait à l'Exposition d'électricité un anneau de plus de 300 ohms de fil de $\frac{3}{10}$ de millimètres, c'est à dire plus fin que celui de M. Deprez, en général de $1^{m}/_{m}$. Mais l'habile constructeur, après en avoir constaté le mauvais rendement, y avait renoncé il y a plus de treize ans.

Peut-être quelques membres de la Société ayant assisté aux récentes expériences de la gare du Nord peuvent être mieux renseignés que moi, et complèteront ce que j'ai à en dire. Je ne parlerai pas du rendement, les données étant insuffisantes pour le moment.

Au dire explicite des intéressés [1], l'expérience dont ils rendent compte serait la reproduction, à Paris, de l'expérience de Munich.

Cette affirmation ne peut être acceptée, en effet :

1° Il s'agit de 20 kilomètres de fil télégraphique, ce qui correspond à une distance de 10 kilomètres [2], c'est-à-dire à une distance six fois plus petite qu'à Munich ; en outre, le récepteur et le générateur étant à côté l'un de l'autre et directement reliés, toutes les dérivations de la ligne télégraphique profitent au transport, tandis qu'à Munich elles lui étaient nuisibles.

2° Le générateur a 50 chevaux de puissance, pour en transmettre 2 au récepteur, le générateur est donc plus de dix fois plus puissant qu'à Munich ; et nous avons vu que, dans certaines limites, la distance peut être compensée par un accroissement du matériel : c'est une autre manière de payer la taxe aux nécessités naturelles inéluctables, quelque chose comme ce que serait le payement en une seule fois des taxes d'un contribuable si l'État admettait ce mode de payement, ce qui n'aurait rien d'impossible en principe.

Ce générateur capable de 14 ampères, fonctionnait à 2.

3° Les vitesses étaient très restreintes [3].

4° Le générateur paraît être une double machine Gramme, dont la résistance totale est indiquée de 56 ohms pour deux anneaux de 0,30, alors qu'à Munich elle était dix fois plus grande pour un anneau de 0,20. De deux choses l'une, ou le fil n'est pas fin, ou si c'est toujours du fil de

1. *La lumière électrique*, année 1883, n° 6, page 161.

2. Exactement 8,500 mètres.

3. Cette modération est même exagérée ; il y a lieu d'accroître les vitesses, ce qui réagira peu sur le rendement, mais ce qui permettra d'augmenter beaucoup la puissance récoltée.

1 $^m/_m$, comme la date de construction le fait supposer, il y a par paire de balais une longueur vingt fois plus petite de fil qu'elle n'était à Munich.

Dans cette machine, M. Deprez paraît avoir reproduit sur le type Gramme, ce que M. Edison a réalisé sur ses machines à lumière, pour le type Siemens, savoir : développer des pôles non conséquents, très énergiques, avec de grandes masses magnétiques; restreindre l'intervalle entre le noyau induit et l'épanouissement inducteur, ce qui diminue le volume induit, mais augmente son rendement en raison de la plus grande force de champ, comme le montre la déterminante.

5° Le récepteur était une carcasse de machine Gramme, c'est-à-dire un moteur électrique compensé.

Nous pensons qu'il sera fait des mesures de différence de potentiel aux bornes des machines, ce qui constitue un excellent et rigoureux contrôle des indications de dynamomètres de transmission.

Nous pensons également qu'il y a lieu de modifier le dispositif du circuit télégraphique, en ne reliant plus directement le générateur et le récepteur, mais en faisant partir de leurs bornes respectives des fils distincts se reliant deux à deux au point extrême de la ligne télégraphique.

De l'expérience que nous venons d'examiner, nous pouvons conclure qu'une évolution heureuse s'accentue, qui éloigne de plus en plus l'auteur de cette expérience, des doctrines que nous n'avons cessé de combattre; nous sommes bien loin du procédé simple qui devait permettre, avec la même carcasse, la même récolte et le même rendement, de transporter de Paris à Marseille, aussi bien que de Paris à Asnières, en modifiant seulement la finesse d'enroulement.

L'évolution sera complétée, nous l'espérons, par l'abandon définitif du fil fin.

Mais lorsque des doctrines erronées ont été émises avec insistance et éclat, il ne suffit pas de les abandonner pour son propre compte, il faut le dire clairement; il faut songer à ceux qui, séduits par leur apparente simplicité, ont été engagés dans une voie sans issue.

Le fil fin est condamné, nonseulement parce qu'il est nuisible, mais encore parce que, même s'il n'était pas nuisible, il n'aurait pas de raison d'être au point de vue industriel, pas plus que l'usage des fils télégraphiques mal isolés et d'un débit insuffisant.

Je répète ce que j'ai dit au Congrès, l'industrie du transport sera très importante ou elle n'existera pas; dès lors, il faudra non seulement de hauts potentiels d'émission, mais encore de puissantes circulations qui comporteront des machines à gros fil, tant génératrices que réceptrices. Il n'y a aucune corrélation nécessaire entre l'emploi du fil fin et l'emploi des hauts potentiels. Tous les électriciens ont conseillé l'emploi des hauts potentiels d'émission; pour ma part, mes plus anciens calculs sont basés sur des différences de potentiel de 10,000 volts et plus. Un transport à bon rendement, à distance restreinte, avec des machines à gros fil, étant

considéré, un transport m fois plus important et rigoureusement aussi économique, sera obtenu à une distance m fois plus grande avec m fois le même matériel; ce matériel pouvant, bien entendu, être groupé en un ou plusieurs appareils et en un ou plusieurs lieux.

Il est utile d'insister sur cet emploi simultané des hauts potentiels et des gros fils; là est la solution de l'industrie du transport; c'est dans ce sens seulement que le rendement peut être indépendant de la distance, parce que l'importance du transport le permettra. De sorte qu'en même temps les desiderata économiques et pratiques seront satisfaits, les machines à gros fil étant aussi les seules vraiment industrielles comme solidité et comme durée.

Mes conclusions sont parfaitement d'accord avec le résumé de notre Président. J'ai prouvé qu'avec les instruments dont nous disposons, nous sommes toujours, comme cela doit être, tributaires de la distance; un même matériel nous donne moins de rendement à une plus grande distance, ou il nous faut employer plus de matériel pour transporter au même rendement une même Énergie, ce qui est possible dans certaines limites et ce qui peut, aux yeux d'un observateur superficiel, suffire à masquer un effet nuisible inévitable. Je me suis proposé de vous montrer par quelles répercussions électriques, magnétiques et dynamiques, la nature nous fait payer cet impôt. Je pense qu'il est légitime de discuter la taxe de façon à obtenir l'application du tarif le moins onéreux. Je pense que c'est une raison de plus pour travailler et pour expérimenter.

Sans doute,.les transports d'Énergie purement mécaniques, ceux par fluide sous pression, ceux par transport d'un combustible, comme l'industrie du gaz, donnent des résultats précieux et presque parfaits dans certaines conditions et certaines limites de distance, mais ils ne faut pas oublier que ces modes de transport reposent sur la faculté de brûler du combustible, tandis que l'électricité nous permettrait encore de vivre et de travailler avec les forces naturelles après épuisement de nos réserves de chaleur.

En tous cas, de tous les modes de transport de l'Énergie, le mode électrique est le seul qui, actuellement, puisse aborder les grandes distances. Pour faire ressortir la supériorité de cet agent, il suffit de penser à la chaleur, qui jouit cependant des mêmes lois de conduction métallique, mais, d'une part, il n'est pas possible de s'opposer à la diffusion du calorique sur le parcours, alors qu'il est très facile d'isoler efficacement l'électricité, d'autre part, l'emploi des hauts potentiels est impossible pour la chaleur à cause des changements d'état physique de la matière, alors que pour l'électricité la limite supérieure des potentiels possibles n'est pas encore fixée.

Nous avons examiné la question du transport de l'Énergie, mais je pense que l'avenir montrera toute l'importance de l'électricité pour la *distribution de l'Énergie* dont je n'ai point parlé aujourd'hui. J'espère que cet avenir sera prochain, je crois que cela est désirable au point de vue du progrès;

le mode électrique me paraît, en principe, d'une supériorité incontestable comme distribution, parce que, seul, il permet de répondre aux besoins les plus exigeants, de résoudre les problèmes les plus complexes, de rendre les compensations et régulations automatiques pratiquement instantanées.

(*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Cabanellas du travail qu'il a préparé pour la Société et qui sera inséré dans le procès-verbal mais qu'il est indispensable de le faire suivre du texte du *certificat* des expériences de Munich, seule pièce officielle qui relate les chiffres relevés dans ces expériences.

Ce certificat est ainsi formulé :

Certificat délivré à M. Marcel Deprez *par le comité électro-technique de Munich.*

A l'aide de deux machines dynamo-électriques (système Gramme) d'égale construction, M. Marcel Deprez a transporté à Munich, à une distance de 57 kilomètres, à travers un fil télégraphique en fer de $4^{mm},5$ de diamètre, le travail fourni à Miesbach, par une machine à vapeur. La machine réceptrice, placée dans le palais de Cristal, a mis en mouvement pendant huit jours une pompe centrifuge alimentant une cascade d'environ $2^{m},5$ de hauteur.

Les machines dynamo-électriques ont été mises en mouvement pour la première fois le 25 septembre à 7 heures du soir, et d'après les données de M. l'ingénieur Datterer, désigné par le Comité, la réceptrice placée à Munich tournait à la vitesse de 1.500 tours par minute; le frein servant à mesurer le travail était chargé de 1,5 kilog.

Une série d'accidents dus à ce fait que les machines étaient construites pour des expériences de laboratoire et non pour l'usage pratique, arrêtèrent au bout de huit jours la marche jusque là complètement satisfaisante des machines. Les cercles qui entouraient l'anneau d'une des machines se rompirent; par suite, les fils de l'anneau, de $0^{mm},4$ de diamètre, furent endommagés et durent être isolés de nouveau. Dans le bourg lointain de Miesbach ces réparations ne purent être faites qu'avec de grandes difficultés et exigèrent de la part des collaborateurs de M. Marcel Deprez beaucoup de patience et de persévérance.

Les 9 et 10 octobre, lorsque la commission d'essai commença ses mesures, on ne put atteindre à Miesbach, avec la machine réparée, qu'une vitesse de 1.600 tours par minute; les résultats obtenus furent par suite beaucoup moins favorables qu'ils ne l'eussent été à la vitesse normale de 2.000 tours atteinte tout d'abord.

Pendant quelques instants seulement on put atteindre, pendant les mesures, la vitesse de 2.000 tours par minute et encore au commencement des expériences un des balais de la machine se détacha, ce qui produisit un extra-courant et détruisit complètement la machine.

Les résultats obtenus, dans ces circonstances défavorables, sous la direction de MM. les professeurs Dorn, Kittler, Pfeiffer et Schröter ont été les suivants :

Résistance	de la ligne	950 ohms 2
—	de la machine à Miesbach	453 — 1
—	de la machine à Munich.	453 — 4

MIESBACH.			MUNICH.	
Heure.	Nombre de tours par minute.	Intensité en ampères I.	Nombre de tours par minute.	Différence de potentiel en volts E_2.
10 octobre 12h 32′ — 37′..	1611	0,519	752	850

De là on tire :

Différence de potentiel à Miesbach $E_1 = E_2 + 950 \times I$.	Travail électrique.		Travail électrique total.		Travail d'échauffement dans tout le circuit.		Travail disponible pour le transport de la force.		
	extérieur $E_1 I$.	en chevaux $\frac{E_1 I}{736}$	$E^1 I + I^2 \times 453,1$.	chevaux.	$I^2 \times 1856.7$	en chevaux.	$E_2 I - I^2 \times 453,4$	en chevaux.	en 100 du travail électrique total.
1343 volts.	697	0,947	819	1.113	500	0.680	319	0,433	38,9

Les déterminations électriques du travail entreprises en même temps que les mesures électriques n'ont donné aucun résultat exact; d'abord la machine de Munich n'avait pas une base assez solide et une partie du travail était absorbée par les vibrations de la machine; ensuite le dynamomètre V. Hefner-Alteneck, employé à Miesbach, était construit pour mesurer des forces de 15 chevaux, et les limites d'erreur de cet appareil étaient trop grandes pour la petite force à mesurer. Le travail obtenu à Munich au frein s'est élevé à 0,25 H P; il faudrait y ajouter le travail absorbé par les vibrations de la machine; au lieu de se servir de mesures directes, on aurait une évaluation plus exacte du travail dépensé à Miesbach en partant du travail électrique dépensé à Miesbach et du rendement de la machine de Munich, identique à celle de Miesbach, rendement que l'on peut estimer par les chiffres donnés ci-dessus, en tenant compte des trépidations.

Comme, par suite des nombreux accidents indiqués plus haut, les résultats obtenus pendant les mesures de la Commission d'essai sont notable-

ment moins favorables que pendant les premières expériences, M. Marcel Deprez s'est décidé à répéter l'expérience à Munich avec des machines plus solidement construites et nous croyons qu'alors seulement, on pourra prononcer un jugement décisif sur le rendement. Nous n'hésitons cependant pas à proclamer la réussite du transport de la force de Miesbach à Munich, transport en tout cas important dans l'histoire de l'électrotechnique.

La Commission d'essai pour les expériences électro-techniques du palais de Cristal de Munich.

Le Secrétaire, Osc. V. Miller.

Le Président, Dr V. Beetz.

M. le Président fait remarquer qu'au point de vue théorique, il y a entre MM. Maurice Lévy, Marcel Deprez et Cabanellas de nombreuses divergences d'opinion, qu'un débat contradictoire pourrait faire cesser. Aussi avait-il invité MM. Lévy et Deprez à assister à la séance. M. Maurice Lévy, empêché aujourd'hui, s'en excuse et se propose de venir à la prochaine séance si la discussion continue.

M. le Président ajoute qu'il n'y a pas lieu de s'étonner que, dans une question aussi nouvelle, la théorie ne soit pas fixée et donne lieu à des débats sérieux; mais ce qui le surprend, c'est qu'il y ait autant de confusion et de désaccords dans l'interprétation des résultats d'essais. Il s'étonne, et tous les ingénieurs qui ont l'habitude des expériences s'étonneront avec lui, qu'une fois les résultats obtenus et constatés, il puisse y avoir contestation sur la véritable valeur du rendement, que les uns évaluent à 68 pour 100, les autres à 38 pour 100 et même 15 pour 100. Mais ces divergences dans l'interprétation des résultats s'expliquent, à son avis, si l'on remarque qu'il y a toujours certaines données du problème qui ne sont pas constatées expérimentalement et sont remplacées par des données calculées. Ainsi, dans l'expérience de Munich, on a bien constaté la force électro-motrice à la machine réceptrice à Munich, mais on ne l'a pas mesurée à la machine génératrice à Miesbach. On a bien mesuré le courant au départ à Miesbach, mais on ne l'a pas constaté à l'arrivée à Munich : aux deux points il y a toujours un des deux facteurs du travail qui est calculé. M. le Président espère que les expériences du chemin de fer du Nord fourniront des données plus certaines et permettront de vérifier l'exactitude de l'une ou des autres théories exposées.

M. Chrétien dit que les expériences de Munich et du chemin de fer du Nord ont été faites dans des conditions que nous ne connaissons pas très bien; puisque personne ici ne peut fournir des indications exactes. Mais, en dehors de ces expériences, très intéressantes au point de vue scientifique, il en est d'autres non moins intéressantes et plus pratiques, selon

moi, qui se poursuivent chaque jour, et dont les résultats sont absolument certains et satisfaisants.

A la société Gramme, et ailleurs aussi, bien certainement, on observe, en même temps que la puissance transmise à des distances connues, le rendement mécanique utile, et le rendement électrique. Si ces expériences ne reçoivent pas une publicité aussi grande que celles de Munich ou du chemin de fer du Nord, c'est que cette publicité n'a vraisemblablement pas la même raison d'être dans ces divers cas.

M. Chrétien ne connaît les expériences du chemin de fer du Nord que par ce qu'il en a lu et entendu dire; mais si les résultats qui seront sérieusement constatés, dit-on, ne répondaient pas aux espérances qu'elles ont pu faire concevoir, il ne faudrait pas trop se hâter d'en tirer une conclusion défavorable au transport électrique lui-même. Peut-être ces expériences sont-elles réalisées dans de mauvaises conditions, avec des machines défectueuses; peut-être aussi leur auteur court-il à des déceptions en voulant obtenir trop avec trop peu. Ce serait s'exposer à mal étreindre pour vouloir trop embrasser.

Quoi qu'il en soit, les applications du transport électrique sont actuellement très nombreuses et augmentent chaque jour; elles donnent d'excellents résultats pratiques. Comme toutes choses, l'électricité doit être employée avec discernement et voilà tout.

M. Chrétien peut citer un exemple tout récent puisqu'il ne date que de quelques mois : c'est celui de l'application qu'il vient de faire dans la distillerie de MM. Blanjot et Beauchamps, à Soissons, pour le débarquement des bateaux de charbon et de betteraves. La machine génératrice installée dans l'usine actionne la machine réceptrice, montée sur une grue qui marchait à bras auparavant : la distance n'est que de 350 mètres, mais suffisante cependant pour avoir rendu ce mode de transport de la force très avantageux. La machine productrice tourne à 1.400 tours et prend environ 8 chevaux; la machine réceptrice tourne à 1.500 tours et fait 4 chevaux sur la grue, elle ne pèse que 50 kilogr. Le courant électrique est de 4 ampères et 600 volts environ.

Dans ces conditions, l'ensemble a travaillé d'une manière très satisfaisante pendant toute la campagne; c'est-à-dire du mois d'octobre à fin janvier, le plus souvent jour et nuit. Cependant le travail d'une grue, avec ses intermittences et la variation incessante des efforts, est l'un de ceux qui fatiguent le plus les machines électriques et qui demandent le plus de ménagements.

M. Chrétien insiste donc pour qu'on fasse toutes réserves concernant le rendement ou la valeur industrielle du transport électrique, jusqu'à ce que des expériences plus complètes aient été faites sur des machines convenablement appropriées au travail à effectuer et installées dans de bonnes conditions.

M. le Président ne regrette pas d'avoir émis un doute, puisqu'il a

provoqué des explications; il espère que M. Chrétien ne s'en tiendra pas là et nous apportera d'autres renseignements dans la discussion.

M. Chrétien ne veut pas trop se mêler à cette discussion, n'ayant pas assisté aux expériences du chemin de fer du Nord et ne pouvant, par conséquent, en parler avec connaissance de cause, en l'absence de documents précis et rigoureusement exacts. Pour ne pas s'exposer à des erreurs, il lui paraît préférable de laisser la parole sur ce sujet à ceux qui peuvent être mieux informés.

M. Cabanellas fait remarquer que, dans la pièce officielle des expériences de Munich, ce n'est pas le rendement qui est indiqué comme étant de 38 pour 100, mais bien le rapport de ce que le Comité appelle *travail disponible*, à ce qu'il appelle *travail électrique total*. Or, les chiffres mêmes du Comité montrent que le seul travail disponible par seconde est de 1/4 de cheval, et que le travail électrique total est estimé trop faible puisque le Comité ne tient pas compte, pour le générateur, de sa quote part de déficit $0{,}34 = \frac{0{,}16 \times 1611}{752}$ qui correspond au déficit de travail du récepteur $0{,}16 = \frac{E_2 I - I^2 \rho}{75\,g} - 0{,}25 - \frac{0{,}25}{8}$, c'est-à-dire différence entre le travail absorbé par le récepteur et la somme du travail récolté au frein, du travail en chaleur sur la résistance statique de la machine et de son travail de résistance mécanique passive. En réalité, le rendement, d'après les chiffres observés par le Comité, est donc $\frac{0{,}25}{1{,}113 + 0{,}34} = 17$ pour 100.

Dans les mesures déjà citées, M. Tresca a trouvé que pour les machines peu résistantes le déficit est très petit, le travail électrique statique total aurait été 95 et 97 pour 100 du travail mécanique dépensé, tandis qu'avec les machines plus résistantes qu'il expérimentait, le déficit a été 1/3 du travail mécanique dépensé.

M. le Président, vu l'heure avancée, remet la discussion à la prochaine séance.

MM. Hallier et Rochet ont été reçus membres sociétaires, et M. Lemaréchal, membre associé

La séance est levée à onze heures un quart.

DU RÔLE

DE

L'ENSEIGNEMENT ÉCONOMIQUE

DANS

LES ÉCOLES TECHNIQUES INDUSTRIELLES

PAR M. GEORGES SALOMON.

Avant de nous lancer dans des observations sur le rôle de l'enseignement économique dans les écoles techniques industrielles, il importe de nous expliquer sur la nature des écoles que nous spécifions. Pour nous, les écoles techniques industrielles sont celles dans lesquelles on enseigne particulièrement les sciences appliquées aux industries extractives, manufacturières et constructives, en vue de former des chefs d'industrie, des ingénieurs et des contre-maîtres.

Nous prenons donc le mot industrie dans le sens restreint du langage courant, au lieu de le faire porter, avec les économistes, sur toutes les opérations qui concourent à la production des richesses matérielles ou immatérielles. En conséquence, nous ne parlerons pas ici des *écoles* dites *industrielles* qui sont annexées ou non aux lycées et collèges; nous ne parlerons pas davantage des écoles commerciales, des écoles d'agriculture, etc., etc.

Cependant, dans un certain nombre de ces écoles, constatons-le au passage, on a créé, sous les noms de chaires d'économie industrielle ou rurale, des chaires d'économie politique, alors qu'il n'en existe pas encore, ni à l'École centrale des arts et manufactures, ni dans les Écoles d'arts et métiers de Châlons, Angers et Aix, ni à l'École des mines de Saint-Étienne, ni dans les Écoles de maîtres mineurs d'Alais et de Douai, etc., etc.

C'est là une grave lacune de notre enseignement technique industriel : nous demanderons qu'on la comble au plus tôt.

Quelques économistes l'ont signalée; parmi eux, nous citerons, particulièrement, le savant membre de l'Institut, M. Levasseur[1], mais ces économistes ont plaidé pour leur science ; un professeur des plus distingués de l'École centrale, M. Ch. de Comberousse, l'a signalée aussi [2], mais il plaidait pour son école.

Nous nous rangerons à leur côté, en nous permettant de parler au nom de la grande et puissante corporation du génie civil.

Pour qu'une réforme aboutisse, il faut que les intéressés la réclament.

I

Dans nos écoles techniques industrielles, on enseigne aux élèves toutes les sciences qui servent de fondement aux pratiques industrielles. A côté de l'enseignement théorique, sans lequel on ne peut avancer qu'à tâtons dans la voie du progrès, on s'efforce de leur donner quelques notions pratiques, sans lesquelles cet enseignement resterait souvent lettre morte. Ainsi, en même temps qu'on leur indique, dans le cours de chimie, les formules, les lois et les découvertes issues des recherches d'alchimistes devenus fous et de sages devenus puissants, on leur fait effectuer au laboratoire l'analyse et la synthèse de la matière : chiffres et théories prennent corps entre leurs mains. En même temps qu'on leur indique, dans le cours de mécanique ou de construction de machines, les principes qui les empêcheront de se briser le cerveau en d'utopiques recherches, on leur montre les principaux mécanismes, mais déjà, là, l'École est impuissante ; au lieu de disserter sur l'organisme vivant, elle ne présente que les tronçons isolés d'un cadavre ! Aussi, pour compléter l'enseignement de la mécanique, de la métallurgie, de l'exploitation des mines, comme de tous les arts industriels, l'École met quelquefois l'outil dans les mains de l'élève, ou bien elle lui demande parfois de parcourir, soit seul, soit sous la conduite de ses maîtres, les principaux centres industriels.

1. E. Levasseur. *Résumé historique de l'enseignement de l'économie politique et de la statistique en France*, 1882.
2. Ch. de Comberousse. *Histoire de l'École centrale*, 1879.

Malgré les quelques travaux manuels auxquels on a pu l'assujettir, malgré ses passages à travers des industries en mouvement, l'ingénieur qui sort de nos écoles techniques industrielles, ne sait presque rien du monde dans lequel il pénètre.

Étourdi par les machines qui soufflent, qui grincent, qui frappent ou qui taillent, ému par le regard narquois de l'ouvrier qui se repaît de son étonnement, il demeure longtemps *ingénieur-apprenti* à faibles appointements ; longtemps le plus formidable calcul l'effraye moins que la plus simple manipulation ! Mais s'il est déconcerté par cette matière dont il connaît tous les atomes, par des opérations dont on lui a signalé toutes les phases, par des forces qu'on lui a appris à dompter, quelle n'est pas son inexpérience en présence de l'être bon et terrible, ignorant et habile, franc et rusé avec lequel il devra vivre et qu'on lui a laissé à peu près ignorer.

Il ignore l'ouvrier... On le lui a surtout présenté comme le moteur animé, comme l'ennemi qu'il devra tenter de supprimer, au lieu de lui dire sans cesse de l'aimer, de l'instruire et de le secourir, si rebelle qu'il puisse se montrer !

Et cependant, puisque l'industrie a pour principe suprême d'éviter toute cause d'arrêt de la production, pourquoi donc ne s'applique-t-on pas à enseigner les moyens de conjurer les chômages qu'occasionne « la question ouvrière, » comme les arrêts qui sont dus à la matière ! La grève, cette explosion humaine, a des causes plus complexes et des effets aussi désastreux que les explosions dues à la vapeur ou aux gaz ! Or, « la grève, comme *tous les maux de l'industrie*, peut être attribuée à l'absence de rapports directs, fréquents entre ouvriers et usiniers, ingénieurs ou directeurs, » est-il dit dans le *Rapport fait en* 1875 *au nom de la grande commission d'enquête parlementaire sur les conditions du travail en France*.

Cette absence de rapports, qui n'est certes pas la seule cause du manque d'harmonie existant dans le monde de l'industrie, ne résulte-t-elle pas en partie de l'ignorance économique dans laquelle ce monde est plongé ? En vivant côte à côte, sans être aptes à s'expliquer sur leurs griefs réciproques, « employeurs » et salariés ont élevé entre eux des malentendus qui s'ajoutent aux causes réelles de division pour perpétuer les haines les plus redoutables. Le premier remède à cette situation, que nous ne voulons pas considérer comme fatale, consisterait donc à former des chefs d'entreprises qui ne seraient pas réduits

à suivre, pour ainsi dire aveuglément, les errements économiques de ceux qui les ont précédés dans l'industrie, et, disons-le aussi, incidemment, à semer les vérités économiques dans la classe ouvrière.

Ainsi que l'observait justement le Conseil des ponts et chaussées, lorsqu'il réclamait en 1852 la création d'une chaire d'économie politique à l'École polytechnique : « Tout le monde se permet aujourd'hui de se mêler aux discussions économiques..... les élèves interviendront dans ces discussions tout au plus tard au moment où, ayant terminé leurs deux années d'études, ils entreront en rapports quotidiens de tous les instants avec la masse de la population, c'est-à-dire avec des hommes des conditions et des opinions les plus diverses. *Toute la question est donc de savoir s'il convient de les maintenir dans une ignorance telle, sur les matières qui font l'objet de ces discussions, qu'ils soient naturellement disposés à accepter des opinions toutes faites et à s'engager à l'aventure* dans un cours d'idées et d'opinions auxquelles ils s'attacheront dès lors par toutes les suggestions de l'amour-propre, et dans lesquelles les moins sages pourront croire de leur bonheur de persévérer à jamais. » Le Conseil des ponts et chaussées demandait l'institution d'un cours d'économie politique à l'École polytechnique, bien qu'il existât déjà un tel cours à l'École des ponts et chaussées, parce que « l'*expérience l'avait amené à reconnaître que les notions qu'il renferme ne pouvaient être données trop tôt*[1]. » Que n'eussent donc pas dit les hommes distingués qui composaient le Conseil des ponts et chaussées, si, au lieu de l'École polytechnique, ils avaient eu en vue une École industrielle et des temps comme les nôtres !

Aujourd'hui, plus encore qu'en 1852, les questions sociales sont à l'ordre du jour; chacun croit pouvoir les traiter d'intuition, ou du moins, on pense, en général, que la pratique suffit pour les élucider.

Cette façon de voir n'a pas peu contribué au chaos économique dans lequel la société semble plongée. C'est seulement par l'étude de cette science, qui a été définie « la science du travail[2], » qu'on peut être éclairé sur l'inanité des systèmes avec lesquels on bouleverse le monde industriel. Plus qu'aucun autre l'ingénieur doit en posséder

1. *Rapport sur l'enseignement de l'École polytechnique adressé à M. le ministre de la guerre, par la Commission mixte nommée en exécution de la loi du 5 juin* 1850. (Rapport de l'École des ponts et chaussées, p. 168.)

2. Frédéric Passy.

toutes les notions. L'ingénieur, en effet, n'a pas pour unique mission de diriger des ouvriers, le plus souvent il remplace l'industriel qui l'emploie, ou bien, il est lui-même industriel.

Aussi, de même qu'on lui inculque dans les écoles spéciales les principes scientifiques qui président aux manipulations, aux opérations techniques, de même pour lui permettre d'exécuter rationnellement une partie importante de sa tâche, on doit l'édifier sur des sujets tels que la liberté et la division du travail, le rôle économique des machines et des inventions, la formation et l'emploi du capital, la monnaie et les métaux précieux, le crédit, les banques, les salaires et les profits, les conditions pour le bien-être des populations, etc., etc.

Ainsi que l'a dit un savant professeur belge, M. Ch. de Cuyper[1] : « Le temps n'est plus où le progrès industriel, concentré sur quelques points privilégiés du globe, ne dépendait que du développement des sciences pratiques, et où l'éducation de l'ingénieur pouvait reposer uniquement sur l'instruction technique. Sa mission grandit chaque jour et son action dans la société s'élevant de la sphère des intérêts matériels à celles des intérêts moraux devient un véritable apostolat qui lui impose de nouveaux devoirs. Ce ne sont plus les seules forces de la nature qu'il a à soumettre et à diriger, mais ses triomphes mêmes dans tous les arts et qui font sa gloire, soulèvent autour de lui des obstacles plus énergiques dans l'ordre social. Il ne peut faire un pas sans se heurter aux problèmes économiques les plus compliqués et plus il cherche à assurer le succès des entreprises qui lui sont confiées, plus il doit comprendre la grande part qui lui incombe dans l'œuvre humanitaire de la conciliation du salaire et du capital. »

Mais, dira-t-on, l'absence d'enseignement économique dans nos écoles techniques n'a pas empêché beaucoup de leurs anciens élèves de résoudre, non sans succès, les problèmes économiques les plus compliqués ; et, d'ailleurs, on peut suppléer à cet enseignement par l'étude des écrits spéciaux ?

Certes, avec un esprit droit et observateur, on pourra, jusqu'à un certain point, évoluer dans l'industrie, sans heurter les principes économiques, et l'on pourra réussir. N'est-il pas des praticiens habiles qui ont su éviter les erreurs dans lesquelles tombent en général ceux que la science ne guide pas, mais n'ont-ils pas été les premiers à

1. Ch. de Cuyper. *L'enseignement technique supérieur dans l'Empire d'Allemagne.* Liège, 1875.

gémir de leur ignorance, ou du moins à reconnaître combien l'enseignement de l'école eût allégé leur tâche!

Quant au livre, il faut, pour l'entr'ouvrir, beaucoup de bonne volonté et les loisirs voulus, et puis, l'économie politique est, par excellence, au nombre des sciences qu'il convient d'avoir *appris* à *apprendre*.

II

Parmi les écoles techniques industrielles de l'État, l'*Ecole nationale des ponts et chaussées* possède seule une chaire spéciale d'économie politique, sociale ou industrielle.

Notre savant et regretté secrétaire perpétuel de la Société d'économie politique, M. Joseph Garnier, a longtemps occupé cette chaire, tenue, aujourd'hui encore, par un économiste distingué, l'honorable M. Baudrillart.

Le cours d'économie politique de l'École des ponts et chaussées comprend environ 40 leçons et se fait pendant la première année d'études.

Le programme du cours professé par M. Joseph Garnier [1] répond à peu près à celui de l'excellent *Traité d'économie politique* dû à ce professeur [2].

A côté de ce cours, M. Cheysson, ingénieur en chef des ponts et chaussées, doit faire six conférences sur la statistique, « cette sœur légitime de l'économie politique [3]. »

L'École dite aujourd'hui *E cole supérieure des mines* possède un cours de législation des mines, de droit administratif et d'économie industrielle qui a été professé successivement par MM. Lamé-Fleury, E. Dupont et Aguillon [4], tous trois ingénieurs au corps des mines.

1. *Programmes de l'enseignement intérieur de l'École des ponts et chaussées, arrêtés par le Conseil des ponts et chaussées et approuvés par le ministère des travaux publics.* Paris, Imprimerie Nationale, 1875.

2. J. Garnier. *Traité d'économie politique, sociale et industrielle.* Paris, Guillaumin et Ce.

3. Michel Chevalier.

4. M. Aguillon occupe la chaire de législation de l'École des mines depuis le commencement de l'année scolaire, 1882-83.

Sur les 27 à 28 leçons attribuées à ce cours, qui se fait pendant la troisième année d'école, notre excellent professeur M. E. Dupont en a seulement consacré *quatre* à l'économie politique : une cinquième leçon était réservée à l'étude des institutions de secours et de prévoyance. Reconnaissons le talent du professeur qui est parvenu à présenter, en un nombre de leçons aussi restreint, un programme des plus vastes [1]. reconnaissons que ces cinq leçons peuvent éveiller certaines intelligences, qu'elles permettent d'apprendre... plus tard..., mais établissons bien que cinq leçons d'économie politique ne sont pas suffisantes pour une école telle que l'École supérieure des mines.

Plus que tout autre ingénieur, en effet, l'ingénieur des mines doit connaître l'économie politique... En dehors des graves questions qui troublent l'industrie en général, il en est qui sont particulièrement inhérentes à l'industrie minière : la propriété des mines, les entraves légales apportées à leur exploitation, etc., etc., suscitent nombre d'erreurs..... D'une main, l'ouvrier mineur jette au parlement ses cahiers de doléances et, de l'autre, il prépare les cartouches de dynamite destinées à appuyer ses revendications.

Pourquoi donc alors ne blinde-t-on pas des vérités économiques les futurs exploitant de mines et les ingénieurs ? Pourquoi accorde-t-on quarante leçons d'économie politique ou sociale à l'École des ponts et chaussées et en octroie-t-on seulement cinq à l'École des mines ?

Alors qu'on consacre six conférences à l'étude de la statistique à l'École des ponts et chaussées, pourquoi se borne-t-on, constatons-le en passant, à enseigner la statistique en une leçon aux futurs agents de l'État et aux ingénieurs civils qui peuvent être appelés à concourir plus ou moins à la confection de la statistique de l'industrie minérale ?

L'enseignement de l'École des mines n'est pas plus chargé que celui de l'École des ponts et chaussées.

D'ailleurs, l'étude des sciences morales et politiques, de l'économie politique en particulier, est un dérivatif heureux de l'étude des sciences exactes ou naturelles.

En Allemagne, en Autriche et en Suisse, on a constaté que les élèves des écoles techniques supérieures qui suivent les cours facultatifs ou obligatoires d'économie « nationale » de législation, d'histoire de l'art

1. Notices relatives à la participation du Ministère des travaux publics à l'Exposition universelle de 1878, en ce qui concerne le corps des mines.

de littérature, etc., se sont, en général, montrés supérieurs à ceux de leurs collègues qui n'ont pas fréquenté ces divers cours. C'est qu'en effet, des intelligences saturées de sciences exactes finissent par s'obstruer. De même qu'on repose les élèves de l'École polytechnique par un cours d'histoire littéraire, on devrait reposer ceux des écoles techniques industrielles par un cours complet d'économie politique.

On nous répondra, peut-être, avec M. Thiers, que l'Économie politique est « une littérature ennuyeuse; » elle n'est ennuyeuse, voire même fastidieuse que lue dans les catéchismes ou présentée trop rapidement.

Un cours d'économie politique de vingt à quarante leçons intéresserait et reposerait l'auditeur, alors que quatre à cinq leçons sur les mêmes matières ne peuvent que le fatiguer.

Le langage et les principes économiques doivent être ingérés sous *certaines formes, en un certain temps et à certaines doses.*

Aussi, réclamerons-nous pour l'École supérieure des mines un enseignement économique dans lequel l'étude des questions ouvrières ne tiendrait pas la moindre place et qui comporterait une vingtaine de leçons au minimum.

De plus, nous demanderons que cet enseignement soit donné pendant la première des trois années d'école, ainsi que cela se pratique à l'École des ponts et chaussées.

De cette façon, lorsque les élèves effectueraient les tournées d'études qu'on leur demande à la fin de la première et de la seconde année d'école, ils pourraient compléter, par l'observation des faits, l'enseignement théorique qu'ils auraient reçu. Actuellement, ils parcourent les centres industriels les plus agités par les questions économiques ou sociales sans même songer à s'enquérir de ces questions. Cependant, chacun leur donnerait alors ces renseignements sincères qu'on refuse plus tard à l'ingénieur!

Aussi, quand les élèves ont indiqué dans le *compte rendu* de leurs tournées, la situation d'une industrie au point de vue de ses voies de communication, un exposé technique, le coût des diverses opérations, le prix de revient approximatif des produits, le nombre des ouvriers, le mode et le montant des salaires, ils pensent avoir tout dit, ils croient avoir tout vu. A côté de ces données, indispensables assurément, ne devraient-ils pas insérer quelques mots relatifs à la concurrence étrangère et bégayer sur la *protection douanière*, une appréciation

qui aurait, au moins, le mérite d'être *désintéressée?* Ne devraient-ils pas parler des mœurs et de la situation de la classe ouvrière, des revendications de l'ouvrier, des efforts de patrons philanthropes, etc., etc.

Si, donc, on demandait aux élèves d'étudier sur le vif le mécanisme social, après leur en avoir fourni les moyens; en un mot, si l'enseignement économique se donnait à l'instar de celui des sciences appliquées, toutes proportions gardées, bien entendu, on aplanirait singulièrement la route qu'ils ont à parcourir. — Après l'École supérieure des mines et l'École des ponts et chaussées qui fournissent ensemble annuellement environ 25 à 30 ingénieurs de l'État et 50 à 60 ingénieurs civils au maximum, nous parlerons de l'*École centrale des arts et manufactures.*

Chaque année, cette École, aujourd'hui établissement de l'État, reçoit environ six cents élèves : elle est la source la plus féconde du génie civil.

Or, l'économie industrielle qui faisait partie des neuf cours institués dès l'ouverture de l'École centrale en 1829, ne figure plus, depuis longtemps déjà, dans les programmes. — On a souvent réclamé le rétablissement de ce cours, mais à l'École centrale, ainsi d'ailleurs qu'à l'École des mines, on objecte aux réclamations que le temps des élèves est déjà trop rempli pour créer de nouveaux cours quelle qu'en puisse être l'utilité.

Telle était déjà la réponse que faisait, en 1862, le regretté directeur de l'École centrale, M. Perdonnet[1]; telle est celle qu'on oppose encore à ceux qui, comme M. Ch. de Comberousse, estiment que le cours d'économie politique ou industrielle doit être absolument rétabli à l'École centrale, « si l'on veut que les ingénieurs des arts et manufactures ne restent pas inférieurs à la tâche qui leur appartient[2]. »

Qu'on examine attentivement les programmes d'études de nos Écoles et, même sans les élaguer, on trouvera bien à accorder chaque semaine une heure environ, à l'étude de la science économique.

De même qu'à l'École centrale, on n'enseigne pas l'économie politique dans les établissements de l'État qui ont plus spécialement pour but de former des contre-maîtres, mais qui produisent aussi d'excellents ingénieurs. Ainsi pas de cours d'économie politique, à l'*École*

1. Notice sur l'Ecole impériale centrale des arts et manufactures. *Enquête sur l'enseignement professionnel*, t. II. Paris, 1865.

2. *Histoire de l'École centrale.*

des mines de Saint-Étienne, pas de cours d'économie politique aux *Ecoles des arts et métiers de Châlons*, d'*Angers* et d'*Aix*, ni aux *Ecoles des maîtres-mineurs d'Alais* et de *Douai*. Ces Écoles « sont cependant au nombre des établissements où cet enseignement serait le plus utile et une pareille lacune y est tout à fait regrettable [1]. »

Nous ne parlerons pas ici du Conservatoire des arts et métiers, « cette sorbonne industrielle » dans laquelle les chefs d'industrie, les ingénieurs et les contre-maîtres, ne peuvent qu'achever leur éducation, car nous ne visons ici que les écoles proprement dites. Cependant, nous rappellerons, à l'appui de notre thèse, qu'en des temps où l'économie politique n'était pas bien vue de nos gouvernants, on a jugé indispensable de l'enseigner au public spécial du Conservatoire des arts et métiers. Parmi les établissements d'enseignement de l'État, c'est, en effet, le Conservatoire des arts et métiers qui est le plus anciennement doté d'une chaire d'économie politique ou plutôt d'économie industrielle. Jean-Baptiste Say fut le premier titulaire de cette chaire. Il ouvrit son cours le 2 décembre 1820, en disant : « Stimuler l'esprit d'entreprise sans lui montrer quels sont ses intérêts bien entendus n'aurait été souvent que lui tendre un piège en voulant lui offrir un secours..... C'est pour éviter ces inconvénients, (autant du moins que l'humaine sagesse peut se flatter d'y réussir), que, dans l'enseignement du Conservatoire des arts et métiers, on a joint à l'application de la mécanique et de la chimie aux arts utiles, l'enseignement de *l'économie industrielle*. »

Ces paroles n'ont guère été entendues, l'exemple du Conservatoire n'a guère été imité.

Cependant, dans l'enseignement d'un certain nombre des écoles techniques industrielles qui ont été élevées en France par l'initiative privée, l'économie politique tend à occuper la place que nous voudrions lui voir tenir dans les établissements de l'État.

Ainsi, on enseigne l'économie politique à l'*Institut industriel du Nord de la France*, à l'*École supérieure d'industrie de Bordeaux* et, dit M. E. Levasseur, « dans les cours de la *Société pour l'enseignement professionnel du Rhône*, dans ceux de la *Société industrielle à Saint-Quentin*, *à Reims et à Amiens* [2]. »

1. E. Levasseur. *Résumé historique de l'enseignement de l'économie politique et de la statistique en France*, 1882.

2. Levasseur. *Ut suprà.*

A l'*École supérieure d'industrie de Rouen*, école semblable à celles de Lille et de Bordeaux, on n'a pas encore introduit l'enseignement économique, bien qu'il existât dans la section commerciale de cette école. Nous pensons que l'École de Rouen devrait classer le cours d'économie politique parmi les cours communs aux élèves des sections du commerce et de l'industrie, ainsi que cela se pratique à l'École de Bordeaux.

Il y a trop de points de contact entre l'art de l'architecte et celui de l'ingénieur, pour que nous ne rappelions pas ici qu'il existe un cours d'économie politique à l'*École spéciale d'architecture*, école fondée par notre ancien président de la Société des ingénieurs civils, l'honorable M. Émile Trélat. « J'habite la grande banlieue du génie civil, dont je reconnais ici la capitale [1], » disait le savant architecte en prenant possession du fauteuil de la présidence de la Société des Ingénieurs civils ; nous devons donc classer son école parmi nos possessions.

Si maintenant nous jetons un rapide coup d'œil à l'étranger, nous y verrons, en général, des cours d'économie politique ou « économie nationale » dans les écoles techniques industrielles.

C'est ainsi que nous en trouvons dans les *Écoles polytechniques* ou écoles techniques supérieures de l'*Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse*, à l'*Académie des mines de Freyberg* (*Saxe*), à celle de *Leoben* (*Styrie*), aux *Écoles des arts et métiers et des mines de Liège* (professeur, M. E. de Laveleye), à l'*Institut technique de Côme* (*Italie*), etc., etc., pour ne citer ici que les écoles dont nous avons les programmes des cours sous les yeux.

Dans la plupart de ces écoles, notamment dans celles de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse, le cours d'économie politique figure parmi les cours *facultatifs*, alors que nous le voulons *obligatoire*.

D'ailleurs, il n'y a pas là d'exception pour l'économie politique : en vertu d'un usage justement critiqué, les élèves désignent ordinairement, lors de leur entrée dans ces écoles, les cours qu'ils désirent suivre, et le cours d'économie politique n'est pas au nombre de ceux qui comptent le moins d'auditeurs.

En Angleterre, il n'existe aucun établissement semblable à nos Écoles des mines et des ponts et chaussées, à notre École centrale et à

1. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1882.

nos Écoles des arts et métiers ; les jeunes gens reçoivent, dans les écoles primaires et les collèges, un enseignement dit *enseignement moderne* qui leur permet de se lancer dans l'industrie, où ils forgent alors..... pour devenir forgerons.

« Cet enseignement, a dit M. Marguerin [1], consiste surtout dans l'étude des sciences physiques et mathématiques, des langues vivantes, de l'histoire et de l'économie politique. J'insiste sur cette dernière faculté, l'économie politique, parce que je l'ai vu enseigner non seulement dans des établissements analogues à nos lycées et à nos collèges, mais encore dans des écoles du degré de nos écoles primaires supérieures et même de nos écoles primaires. Cette grande place donnée à l'économie politique ou à l'économie industrielle, comme on voudra l'appeler, est significative. Elle explique le mot d'un homme d'État anglais : « Nos ouvriers savent trop d'économie politique pour « être révolutionnaires. »

En Angleterre, ouvriers, ingénieurs et chefs d'industrie, savent l'économie politique ; en France, les uns et les autres ignorent également cette science dont ils sont pour ainsi dire l'essence.

Cependant, un pas a été fait dans notre pays. Depuis 1880 on a introduit l'enseignement de l'économie politique dans la classe de philosophie, mais nos ingénieurs et nos contre-maîtres ne passent guère par cette classe. Depuis le 27 juillet 1882, l'économie politique figure même dans les programmes de l'enseignement primaire. On a pensé à l'ouvrier, mais ici encore, on a oublié ceux qui sont appelés à le diriger : nous protestons hautement contre cet oubli.

1. *Enquête sur l'enseignement professionnel.* Paris, 1865.

NOTE

SUR LES

APPAREILS ET PROCÉDÉS DE MOUTURE

DE MM. MARIOTTE FRÈRES ET BOFFY

PAR M. D. A. CASALONGA.

Les appareils et les procédés de mouture, sur lesquels j'ai désiré appeler l'attention de la Société des Ingénieurs civils, se rattachent étroi-

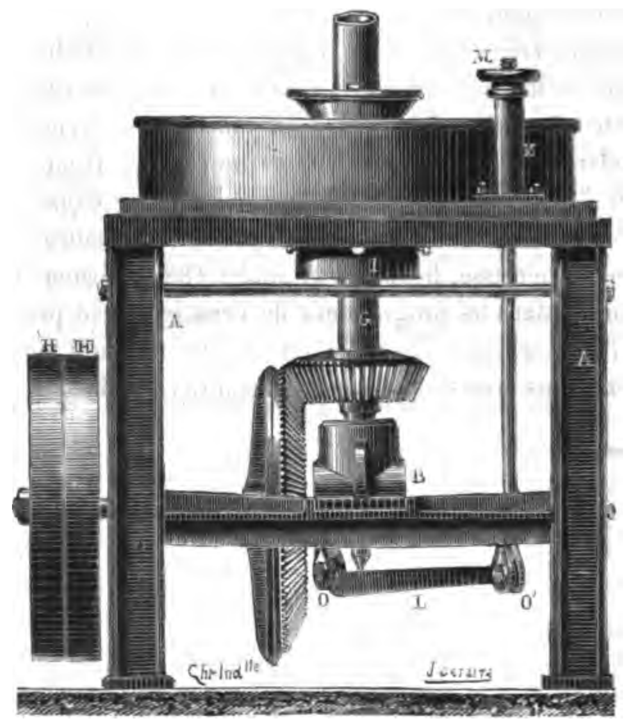


Fig. 1. — Élévation.

tement aux appareils et aux procédés qui ont fait, ici-même, de la part de M. Kremer, l'objet d'une très intéressante communication.

Dans la séance du 17 juin 1881, notre collègue, après nous avoir

fourni des données statistiques sur la meunerie, après nous avoir montré la composition physique et chimique du blé, nous a successivement exposé quels étaient les procédés de mouture usités par la meunerie française, avant 1878, et ceux plus nouveaux résultant de l'application de moulins à cylindres cannelés, attribués à M. Ganz, de Buda-Pesth, et connus sous le nom de « moulins hongrois. »

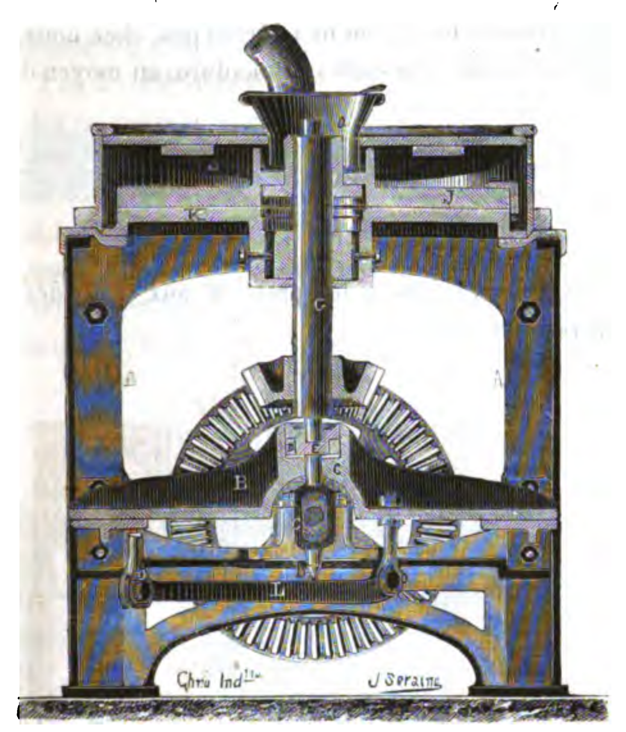


Fig 2. — Coupe.

M. Kremer nous a fait ressortir les avantages qui résultent de l'emploi de ces moulins, avantages auxquels ne voulaient pas croire nos meuniers qui ont dù se rendre néanmoins à l'évidence des résultats accusés par les applications industrielles et les opérations commerciales.

Favorisés par l'excellence de leur sol, autant que par l'application d'un outillage perfectionné, certains pays, parmi lesquels les États-Unis et l'Autriche-Hongrie, nous expédient aujourd'hui, non plus seulement leurs blés, mais encore leurs farines.

La meunerie française qui avait longtemps tenu la tête, est donc

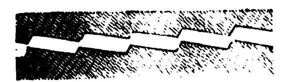
aujourd'hui tributaire en partie de l'étranger ; et c'est cette situation même qui a incité MM. Mariotte frères, et leur contre-maître





Fig. 3.

M. E. Boffy, à rechercher si l'on ne pourrait pas, chez nous, améliorer et perfectionner assez les procédés de mouture, au moyen des meules,



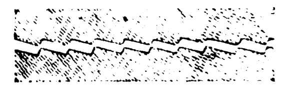


Fig. 4.

pour qu'il y eût avantage à les préférer aux procédés étrangers récemment recommandés.

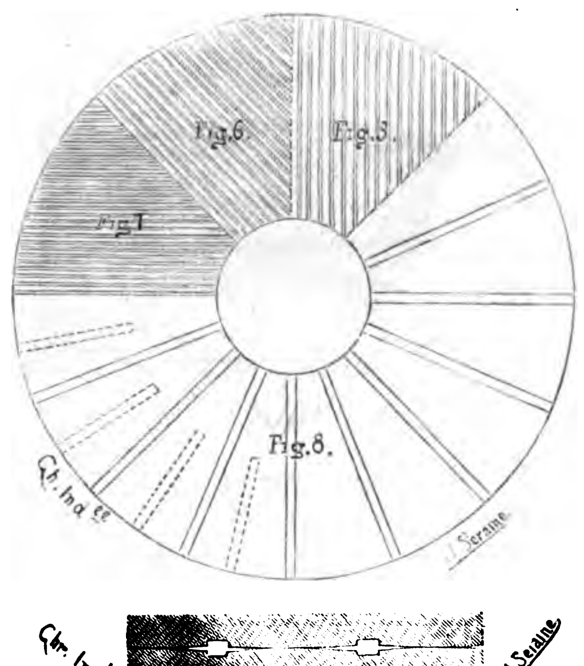


Fig. 8.

Après une recherche active, des essais renouvelés et soutenus avec persévérance, dont la trace est donnée par les figures 1 à 8,

MM. Mariotte frères et Boffy, sont parvenus à réaliser l'ensemble de moyens dont je vais essayer de vous expliquer la combinaison, en cherchant ensuite à vous en faire ressortir les avantages.

La partie essentielle des procédés de MM. Mariotte frères et Boffy, consiste en une paire de meules métalliques spéciales, J. K., figure 2, dont chaque face travaillante est préparée d'une manière particulière que montrent les figures 3 à 7 et la figure 9.

Chaque face est divisée en un certain nombre de secteurs plans (fig. 5, 6, 7 ou bien 9), égaux entre eux, et sur chacun desquels sont creusées des cannelures droites, relativement fines et serrées, généralement paralèles et dont la direction et la forme sont indiquées par ces figures. Les nervures qui séparent les cannelures sont de même largeur, et leurs arêtes sont légèrement arrondies ; la profondeur des rainures varie de 1 à 1 et 1/2 millimètre, et leur largeur de 1 à 4 millimètres, cette dernière largeur correspondant à la taille la plus grossière, celle qui est destinée à opérer le concassage.

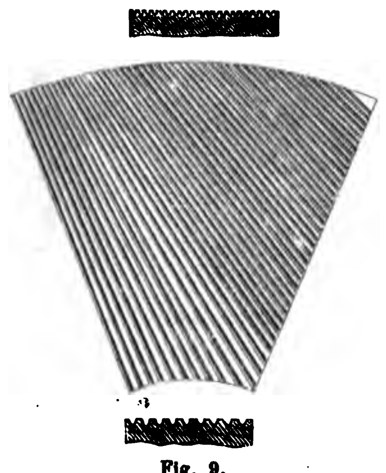


Fig. 9.

La meule gisante est plane ; la courante est légèrement déprimée vers l'œil pour faciliter l'entrée du grain, favorisée également par les rainures qui vont se creusant aussi très légèrement vers l'œillard.

Les faces sont toutes taillées de la même manière, bien qu'à des degrés différents de finesse ; de telle sorte que les faces contiguës des deux meules qui, renversées l'une sur l'autre, forment la paire, ont leurs cannelures croisées en lames de cisailles.

Dans le nouveau moulin, la courante n'est plus suspendue, libre et équilibrée par l'anile, sur un pointal ; elle est clavetée ferme sur le fer de meule, lequel peut se soulever et s'abaisser, à la manière ordinaire, au moyen d'une disposition extérieure à vis, visible figure 2, notamment, ce qui permet naturellement d'éloigner les meules l'une de l'autre ou de les rapprocher entre elles. On voit que cette disposition permettrait aussi, occasionnellement, le soulèvement automatique de la meule courante, laquelle pèse en quelque sorte sur le grain.

Tel est le mode de formation de l'organe principal, *la paire de meules.*

Dans certains cas toutefois, ce mode de préparation des faces travaillantes a lieu d'une manière un peu différente. La taille des cannelures, au lieu d'être pratiquée directement sur le massif qui forme la meule, est effectuée sur des secteurs en acier que l'on peut ainsi très bien tremper, avant de les rapporter sur le fond de meule qui leur sert de support. Cette disposition est représentée figure 10.

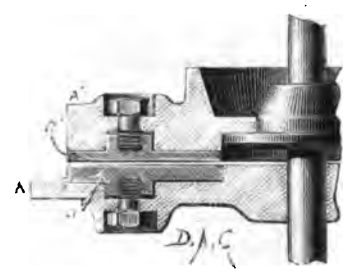


Fig. 10.

Dans un autre cas, et pour les motifs que j'exposerai tout à l'heure, les cannelures, au lieu d'être parallèles entre elles, vont s'évasant légèrement de la circonférence au centre, chaque secteur offrant ainsi l'aspect d'un éventail ouvert, figure 9. Cette disposition offre, dans une paire de meules unique, les divers degrés de finesse des cannelures qui ne peuvent être réalisés qu'avec plusieurs paires, quand les rainures sont parallèles.

La première de ces deux dispositions, figure 10, est plus spécialement applicable à l'appareil qui commence la mouture, par un concassage grossier du grain, seule opération qui fasse sentir son action au point de vue de l'usure des cannelures, lesquelles sont d'ailleurs très facilement avivées ou reconstituées, en raison de leur direction droite.

Quant à la disposition en éventail, figure 9, elle a plus spécialement

en vue la réduction du nombre des appareils nécessaires pour effectuer un travail donné. Elle est surtout applicable au cas des moulins agricoles dont un type, simple et portatif, a été créé par les mêmes inventeurs, pour les besoins de la ferme, et dont les figures 11, 12, 13, font connaître les dispositions générales.

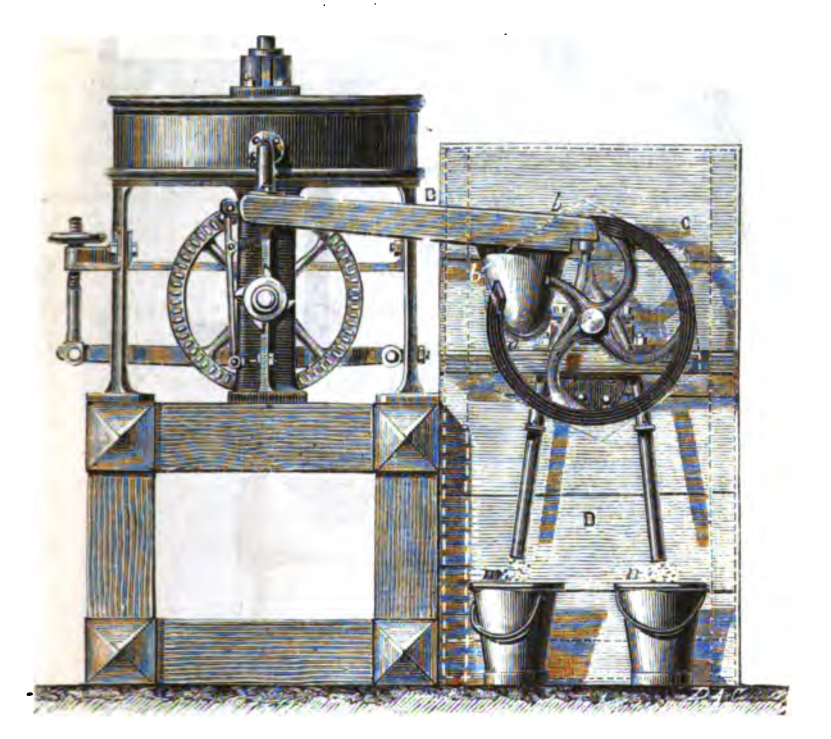


Fig. 11. — Profil.

Ces figures montrent, associées à la paire de meules spéciales A A′, le crible à secousses B attaché au beffroi portant deux toiles métalliques superposées *b b′*, au-dessous desquelles est un couloir conduisant le fin dans le tamis C du coffre D, au moyen d'une poche à trémie *d*. Les seaux ou paniers *m*, *n*, reçoivent les concassés que viennent y verser les toiles *b b′*, du crible B. Le mode de transmission à la paire de meules, au crible B, au tamis C, et le mode de relevage, se voient distinctement indiqués sur les figures 11, 12, 13, ainsi que la manière de maintenir la portée supérieure de l'arbre par une traverse, et non plus par un boîtard. Le tout peut être démonté aisément pour faciliter le transport de l'ensemble.

Je ne m'arrêterai pas davantage à la description de ces appareils, dont les figures suffisent à démontrer les dispositions générales

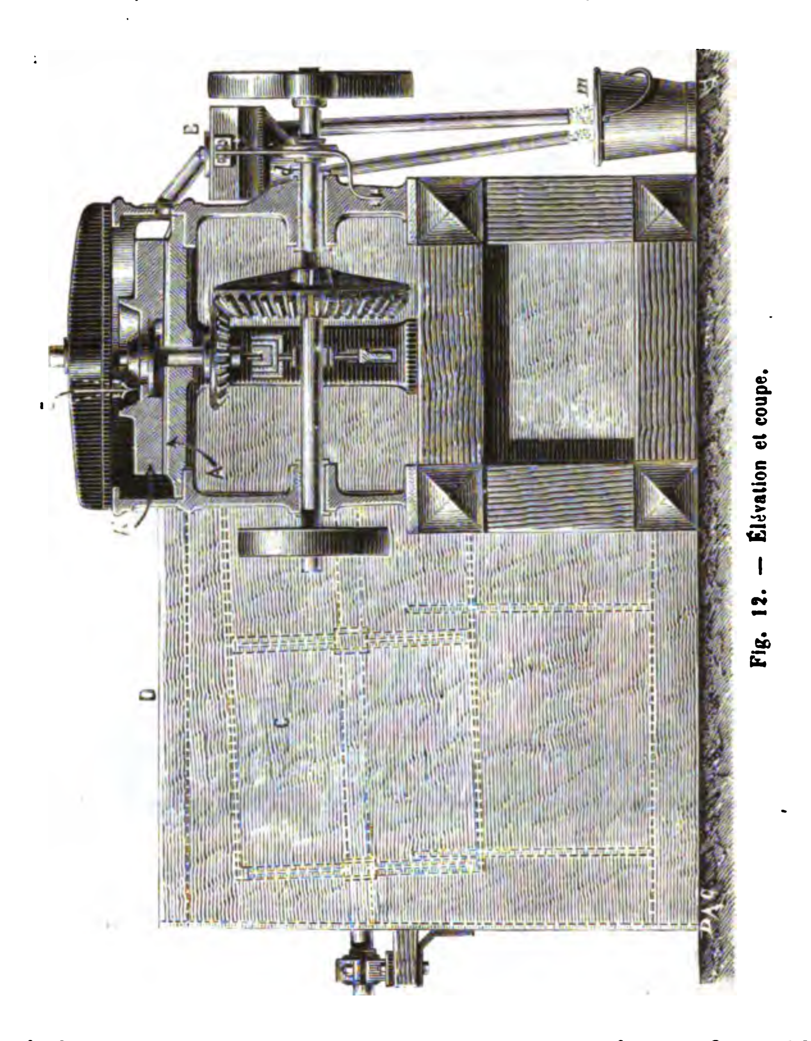


Fig. 12. — Élévation et coupe.

qu'achève de montrer la vue en perspective d'un moulin type figure 14. Je passerai donc aussitôt à l'exposé du système de mouture réalisé à l'aide de ces appareils et des autres organes connus de la meunerie ordinaire (cylindres, blutoirs, sasseurs).

PROCÉDÉ DE MOUTURE

Le procédé de mouture, fondé sur le système de meules métalliques que je viens de décrire, se divise généralement, non compris celle

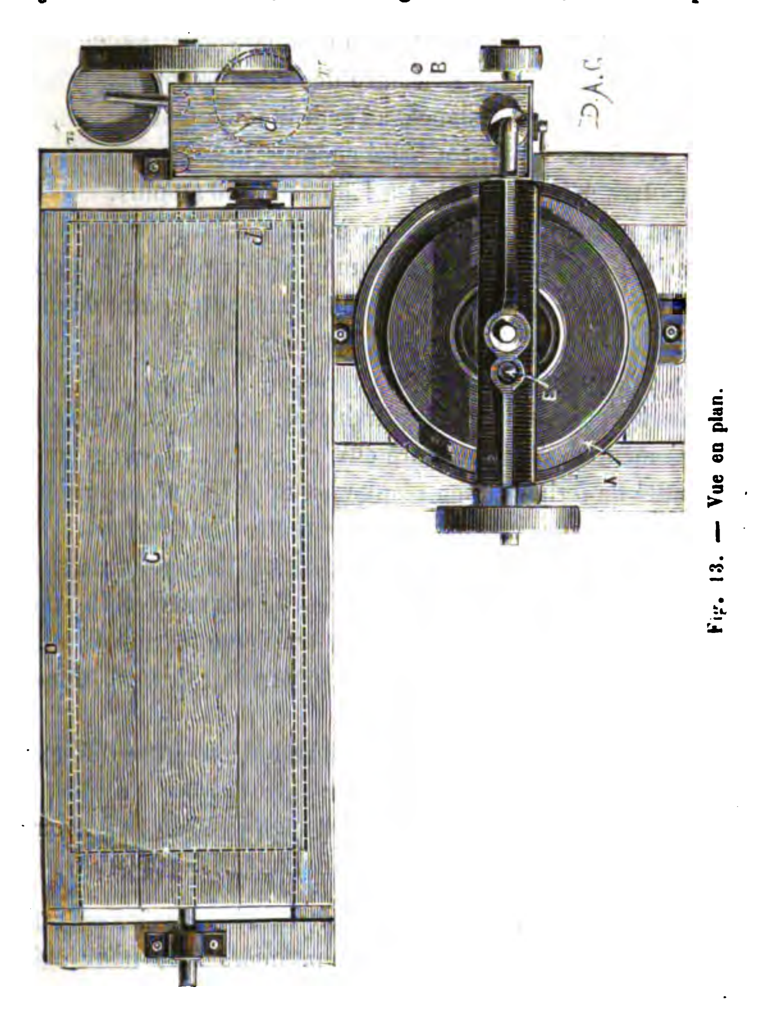


Fig. 13. — Vue en plan.

du nettoyage ordinaire préalable, en trois phases distinctes, savoir :

Le concassage du grain.
Le déshabillage ou émondage des semoules et gruaux.
La réduction en farine des gruaux épurés.

Première phase. — **Concassage.**

Cette opération préliminaire s'effectue entre deux meules aux cannelures fortement accentuées, dites numéro 4 ; c'est dans ce premier appareil que les cannelures sont préférablement creusées sur les secteurs en acier trempés. Ces premières meules sont placées à leur plus grand écartement, de sorte que dans la première opération du concassage, le grain, heurté par la rencontre des rainures, et cassé, suivant la section de plus faible résistance, à l'endroit de la fente poussiéreuse qui sépare ses deux lobes, est brisé en gros morceaux, mais en ne donnant que très peu de farine, 1 à 1.50 pour 100 au plus.

Le tout est recueilli sur un crible, à toiles métalliques, qui laisse passer la farine, ainsi qu'un peu de semoule à reprendre; et le reste, parfaitement nettoyé à fond, est conduit à une autre paire de meules à denture moins forte ou à faces plus rapprochées.

En raison de la poussière, que le concassage a dégagée des fentes du blé, et des barbules et rugosités friables détachées par le frottement et le froissement des grains entre eux et contre les cannelures, la faible quantité de farine qui en résulte est noire; et l'on conçoit que les produits du premier concassage doivent être blutés à part.

Le concassé repris et repassé à travers la deuxième paire de meules, qui l'attaque un peu plus profondément, est de nouveau criblé, tamisé de la même manière; puis repris dans un troisième moulin, et ainsi de suite jusqu'à un sixième moulin, lequel achève généralement la presque totalité des sons.

En allant d'un moulin à l'autre, le concassé passe entre des meules qui non seulement se rapprochent entre elles de plus en plus, mais encore, pour obtenir un travail parfait et expéditif, doivent avoir des faces travaillantes à cannelures de plus en plus fines.

Les criblages et tamisages successifs interposés entre les opérations de remoulage, donnent, en dehors des premiers 1.50 pour 100 de farine noire ;

8 à 12 pour 100 de bonne farine de boulange ;

La plus grande partie des sons finis ;

Les divers gruaux, lesquels, rejetés par les toiles des cribles, sont conduits, au fur et à mesure, sur des sasseurs épurateurs.

Deuxième phase. — **Émondage ou dénudation des gruaux.**

Cette deuxième phase peut être évitée par tout boulanger qui ne tiendrait pas à obtenir un luxe de qualité et de blancheur. Elle a pour objet, et pour effet, de détacher, des gruaux, les dernières particules adhérentes de son, ainsi que les germes. Le tamisage qui suit de nouveau chacune des opérations de cette deuxième phase complétée également par un sassage, donne successivement :

Le reste du son :

Les germes détachés par les opérations précédentes :

2 à 3 pour 100 de farine 2ᵉ, résultant de la dénudation des gruaux gris :

On voit que la deuxième phase n'est qu'une extension de la première ; l'une et l'autre ayant le même but : éliminer successivement, en produisant le moins de farine possible, la poussière, les enveloppes friables et les barbules, le son, les germes, pour obtenir enfin la plus grande somme possible de gruaux blancs et épurés.

Ce résultat est poursuivi et atteint en faisant passer les produits, de plus en plus serrés de près, et toujours successivement tamisés, entre des meules à cannelures de plus en plus fines, figure 7, les meules lisses à canaux rayonnants, figure 8, n'ayant pu parvenir à opérer la conversion sans échauffement ; mais ces meules, quoique peu à peu rapprochées, restent toujours néanmoins à un certain écartement l'une de l'autre ; de sorte que la mouvante ne pèse jamais sur le produit, ni non plus sur les impuretés étrangères qui pourraient y être mêlées et qui échappent ainsi à l'écrasement et à la pulvérisation.

L'action de cette meule ne s'exerce ainsi qu'à la surface pour nettoyer les gruaux, les débarrasser des dernières traces de son adhérent, et des germes, pour, en un mot, achever de les décortiquer de manière à n'avoir en fin de compte, que des débris de l'amande du blé parfaitement propres.

Troisième phase. — **Réduction.**

Les beaux gruaux obtenus par les opérations successives qui viennent d'être décrites doivent finalement être transformés en farine. Cette transformation a jusqu'ici été faite avec des meules en silex, dans le cas de la mouture haute ordinaire ; ou, dans le cas des moulins dits hongrois, avec des cylindres lisses, en métal ou en porcelaine dure. Mais elle s'effectue bien mieux au moyen des mêmes meules métalliques qui ont accompli les opérations préparatoires du concassage et de la dénudation, surtout quand leurs cannelures sont très fines. Il est en effet préférable, pour une fabrication expéditive et parfaite, que les meules de conversion aient une taille d'une plus grande finesse ; bien que cela ne soit pas toutefois indispensable, et que l'on puisse réaliser complètement la mouture à l'aide d'un unique appareil à rainures parallèles ; et mieux si ces rainures sont obliquées en éventail.

Pour cette dernière opération de conversion ou de réduction, les germes restants dans les gruaux sont, par suite de leur souplesse, aplatis, et les blutages qui suivent chaque reprise, les éliminent.

Voici maintenant quel est l'ensemble d'une installation pour traiter 200 à 300 quintaux de blés par vingt-quatre heures suivant le degré de résistance.

ENSEMBLE D'INSTALLATION.

Les diverses opérations nécessaires pour travailler journellement 20 à 30 tonnes de blé, exigent :

1re PHASE.	6 paires de meules. 6 cylindres avec toiles métalliques, de 2 à 4^m de long. 1 bluterie ordinaire de $4^m.00$ de long. 2 sasseurs ordinaires.
2e PHASE.	2 paires de meules. 1 cylindre avec toiles métalliques. 1 bluterie ordinaire. 1 sasseur ordinaire.
3e PHASE.	7 paires de moules. 3 bluteries ordinaires. 3 diviseurs de 4^m00. 1 sasseur ordinaire.

CAS D'UN MOULIN AGRICOLE.

Dans le cas du *moulin agricole* ou portatif, grâce à la taille en forme d'éventail, l'unique paire de meules suffit plus aisément à achever totalement la mouture, avec le concours d'un seul crible à secousses et d'un seul tamis bluteur.

Le crible retient sur ses deux toiles, et les déverse dans deux récipients séparés, le son et les gros gruaux ; le fin passe et est conduit au blutoir, par un couloir sous-jacent.

Le premier concassé est repris, après un premier rapprochement des meules ; il est ensuite criblé, repris et repassé de nouveau, après un autre rapprochement des meules, et ainsi de suite, jusqu'à élimination du son par les toiles du crible.

Les gruaux qui ont été rejetés successivement par le blutoir sont repris à leur tour pour achever leur dénudation, jusqu'à élimination des fins sons par le crible et le tamis, après quoi, et après avoir tout à fait rapproché les meules entre elles, les gruaux épurés sont transformés en farine.

Rendements. — Avantages.

Voici achevée la description des appareils et du procédé ; il me reste maintenant à vous présenter quelques chiffres et à vous faire ressortir des avantages qui vous paraîtront, je l'espère, comme à moi, très importants.

Rendement du procédé en farines.

Avec des blés du rayon, de l'année 1882, pesant seulement 71 à 72 kilogrammes à l'hectolitre, le rendement en farines est le suivant :

40 pour 100 de gruaux comparables aux belles sortes hongroises.

20 à 22 pour 100 de farine première, équivalente au type des bonnes marques premières du rayon.

4 pour 100 farine 2e.

(Soit un total de 64 à 66 pour 100 d'excellente farine blanche 1re).

4 pour 100 farine bise.

2 à 3 pour 100 farine 3e et 4e.

Avec des blés supérieurs, pesant 80 kilogrammes à l'hectolitre, on obtient 75 pour 100 de farine fort belle et 5 pour 100 de farine bise, 3e et 4e.

Qualité des farines obtenues.

Je n'insisterai pas sur la qualité des farines. Il me paraît que chacun de vous doit concevoir très bien que le blé n'ayant subi préalablement aucun écrasement sensible, mais ayant été, au contraire, débarrassé tout d'abord, avant même d'avoir été quelque peu entamé, de sa poussière, de ses impuretés, de son épiderme cortical, que ce blé doit donner une farine d'une parfaite blancheur.

Vous concevez également très bien que le blé ne devant pas être, et n'ayant pas été préalablement mouillé, ni ensuite écrasé et échauffé, mais au contraire dépouillé de son écorce et débarrassé de ses germes huileux, n'est réduit en farine qu'avec la très faible résistance que peuvent opposer des gruaux dénudés et pulvérulents. La farine ainsi obtenue, sans excès de travail mécanique détruit, par suite sans excès de chaleur, correspondante, ne renferme ni huile qui la ferait rancir, ni humidité superficielle provenant de condensation ; et n'ayant subi aucun énervement ni échauffement, elle possède une teneur élevée en gluten, et jouit de la précieuse faculté de se conserver longtemps, ce qui est nécessaire pour les besoins de l'armée et de l'exportation.

Rendement en pain des farines obtenues.

Les farines ainsi obtenues sont rondes; et suivant les modes de panification elles rendent 140 à 150 kilogrammes de pain blanc et d'un goût parfait, par 100 kilogrammes de farine. Des échantillons, obtenus avec des blés de région, pesant 71 à 72 kilogrammes à l'hectolitre et soumis à la commission des farines *neuf marques*, ont été classés à 28, 29 de gluten, quand la limite exigée de ces farines, provenant de blés à 80 kilogrammes l'hectolitre, est seulement de 24 à 24,50.

COMPARAISON DU NOUVEAU PROCÉDÉ DE MOUTURE AVEC LES PROCÉDÉS CONNUS.

Comparaison avec le travail fait par les meules en silex.

Travail mécanique. — Il est admis qu'une paire de meules en silex, peut moudre 1,500 kilogrammes de blé par 24 heures, exigeant un travail mécanique de 4 à 5 chevaux-vapeur. Avec une paire de meules métalliques ayant 0,78 à 0,80 de diamètre, tournant à la vitesse de 250 à 270 tours, on transforme, en farine finie, 1500 à 2000 kilogrammes de blé, en dépensant 2 à 2 et 1/2 chevaux-vapeur. Il y a donc environ 50 pour 100 d'économie de *force motrice.*

Travail de meunerie. — La meule en pierre, notamment dans le cas de la mouture basse, travaillant par affleurement, brise immédiatement le son qu'elle mélange à la farine et à la poussière, écrase le germe, échauffe la farine dont elle altère le gluten.

Rien de cela n'a lieu avec la meule métallique telle qu'elle est disposée et appliquée. Elle nettoie d'abord le grain, puis elle l'attaque très superficiellement d'abord, puis par approches successives, jusqu'à l'obtention de gruaux propres ou pulvérulents, par suite peu résistants. De la sorte elle donne une farine froide, évite l'évaporation et la condensation et par suite l'empâtement des cercles et des conduits.

Ajoutons que le rhabillage est complètement supprimé avec tous ses inconvénients, et en même temps sont supprimés aussi tous les appareils accessoires.

Frais d'acquisition et d'installation. — Enfin, l'emplacement exigé par les meules métalliques est moindre, et leur installation est plus économique et plus facile.

Un moulin complet pèse 800 kilogrammes, et ne mesure pas plus de 1 mètre sur chaque face; il peut donc être installé sur un simple

plancher. Chaque moulin n'a été vendu jusqu'ici qu'au prix de 1,500 fr. Le prix d'une installation de 15 appareils, semblable à celle qui a été indiquée, pour traiter 20000 à 30000 kilogrammes serait donc de 22,500 francs.

Pour effectuer un tel travail il faudrait 20 paires de meules en silex, sans compter celles en rhabillage, dont le prix d'acquisition et d'installation serait bien plus élevé.

Comparaison avec le travail fait par les cylindres.

La comparaison du travail des meules en métal avec celui fait par les cylindres cannelés, est encore plus intéressante, et il n'en sera pas fait d'autre, par la raison que ces moulins, considérés d'abord avec méfiance, ont été reconnus aujourd'hui comme supérieurs aux broyeurs Carr et autres, ainsi qu'aux meules en silex, au moins quand il s'agit de blés durs ou de choix.

Il convient de constater tout d'abord que la manière générale de préparer le blé, pour le convertir en farine, est sensiblement la même, bien que cette conversion soit différemment réalisée dans les deux cas. Le but poursuivi, les avantages attribués à cette manière générale de procéder, sont donc les mêmes, de part et d'autre.

Mais pendant que les cylindres coupent simplement le blé, qu'ils ne tiennent qu'un instant à la génératrice de contact, et donnent aux produits une forme aiguillée, les meules, dont l'allure est plus vive, en même temps que l'action est plus permanente, l'attaquent par leurs nombreuses cannelures, le frottent et le froissent pendant tout son parcours à travers et le long de ces cannelures jusqu'à la circonférence extérieure; et, après l'avoir fendu et en partie brisé, en détachent les barbules, tout ce qui est friable, la poussière, en éliminant même, après les avoir aplatis, les grains étrangers doués de souplesse, tels que ails, rougeole, vesce, etc.

Les meules donc sont disposées pour mieux effectuer le travail préliminaire de concassage et de nettoyage, tout en produisant bien moins de farine, 1 à 1.50 pour 100, plus 8 à 12 pour 100 aux concassages ultérieurs, contre 17 à 20 pour 100 accusés par les moulins à cylindres cannelés.

Elles sont également mieux aptes à l'achèvement des sons qui

sortent plus curés, ce qui se traduit nécessairement par une augmentation en farine, riche de gluten.

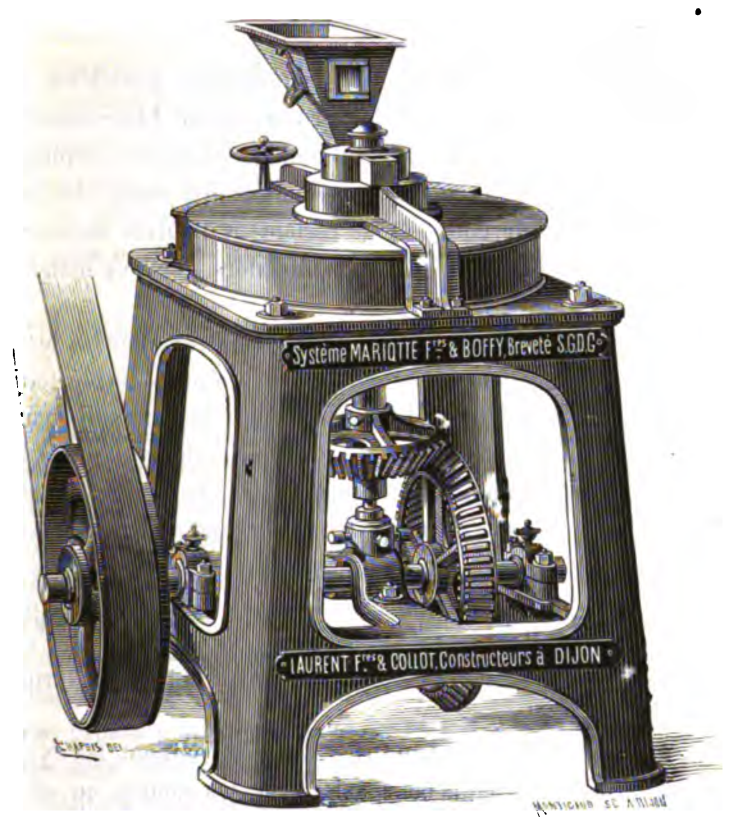


Fig. 14.

Et quand on arrive à la conversion des gruaux en farine, les meules se présentent encore avec un avantage marqué sur les cylindres lisses. Que ceux-ci soient en métal ou en porcelaine dure, ces gruaux sont laminés, écrasés ; la farine qui en résulte est énervée, quelquefois agglomérée, si elle provient de blés un peu tendres, ce qui nécessite alors l'emploi de détacheurs et un blutage forcé. Au contraire les meules métalliques à fines cannelures, désagrègent les gruaux pulvérulents sans aucun écrasement, livrent une farine ronde, que tamisent très bien les bluteries ordinaires.

Les meules métalliques ne se touchent jamais, mais vinssent-elles à se toucher la meule volante pourrait encore tourner impunément à vide, la denture à facettes et à angles arrondis étant très robuste.

Il n'y a pas à craindre pour l'axe de rotation maintenu par ses extrémités, aucun échauffement anormal, résultant d'une poussée latérale quelconque, sans qu'il y ait à y obvier par aucun moyen compliqué, si ingénieux qu'il soit.

Les cylindres lisses doivent être parfaitement parallèles et ils exigent encore, malgré cela, que les gruaux soient bien classés par grosseurs égales, ce qui nécessite l'emploi de sasseurs compliqués et de fariniers experts. Les meules métalliques transforment des gruaux de grosseurs assez différentes, et ne réclament d'autres sasseurs que ceux généralement usités, et d'autres fariniers que des manœuvres ordinaires.

Les cylindres cannelés ne peuvent guère bien travailler les blés tendres ; les meules travaillent parfaitement bien ces sortes de blé, toujours en produisant moins de farine de boulange, laquelle est moins bonne et moins belle, en raison de la présence du germe et du son, que la farine de semoules, dont les meules produisent une plus grande quantité.

Enfin il faut encore noter qu'avec les meules métalliques la mouture est achevée *complètement*, et avec une grande précision dans la séparation des divers produits, au moyen d'appareils simples, d'un type uniforme, tandis que la mouture par les cylindres exige encore l'emploi d'une paire de meules en pierre, pour la transformation en farine des fins gruaux.

En ce qui concerne la force motrice, celle qu'exigent les cylindres ne paraît guère moindre que celle exigée par les meules en silex ; et nous venons de voir que le travail mécanique exigé par celles-ci est plus grand que celui exigé par les nouvelles meules métalliques.

AUTRES APPLICATIONS

Terminons par l'indication de quelques autres applications dont les meules métalliques sont encore susceptibles.

Ces meules peuvent être utilement appliquées, dans les moulins ordinaires, comme nettoyeurs complémentaires, préparant aux meules en silex un concassé parfaitement épuré ; on augmentera ainsi la production des meules en pierre et la qualité des produits obtenus. Elles peuvent également être appliquées pour écurer les sons mal finis

par les meules ordinaires ou pour convertir en farine les gruaux obtenus soit par le broyeur Carr, soit même par les cylindres cannelés.

Ces mêmes meules se prêtent très bien à l'installation de petites usines devant travailler 5000 à 6000 kilogrammes par vingt-quatre heures, installées à peu de frais, avec trois ou quatre moulins.

Elles se prêtent encore, mais alors d'une manière moins expéditive naturellement, à obtenir une mouture complète au moyen d'une unique paire de meules à cannelures parallèles ; et il vient d'être montré que ce résultat est plus sûrement et plus aisément atteint par des meules dont la taille est faite en forme d'éventail.

EN RÉSUMÉ

Les meules en métal dur, dont je viens de vous faire connaître la formation et le mode d'opérer, permettent de réaliser complètement la mouture avec des conducteurs peu exercés, des bluteries ordinaires, et au moyen de moulins d'un type uniforme dont la simplicité ressort à première vue.

Très résistantes et d'une longue durée, ces meules, comparées à celles en silex, suppriment l'opération si délicate et si coûteuse du rhabillage, conjurent les chômages pour cause d'accidents et de réparations, produisent plus que les meules en silex, tout en exigeant presque deux fois moins de travail mécanique, demandent moins de place, coûtent bien meilleur marché et donnent, avec un plus grand rendement total de farine, la plus grande somme possible de gruaux. La farine obtenue est dépourvue des germes huileux ; elle est ronde, plus riche en gluten, susceptible d'une bien plus longue conservation, son rendement en pain est plus grand.

Comparées aux cylindres, elles en possèdent tous les avantages, et d'autres encore, sans en avoir les inconvénients. Elles n'exigent ni fariniers experts, ni bluteries compliquées; ne demandent qu'une force motrice deux fois moindre ; donnent des farines plus rondes, plus froides et d'un rendement supérieur en pain. Leur installation est plus simple, plus économique, *plus sûre* ; leur marche et leur conduite sont plus faciles. Leur rendement total en farine est également plus grand, les sons étant mieux curés, et de même leur rendement en farine de gruau est plus grand aussi : enfin elles achèvent complètement

la mouture sans l'intervention d'aucun autre appareil étranger à leur type.

Si vous voulez bien maintenant, Messieurs, considérer :

Que l'outillage de la seule meunerie française est représentée par un capital estimé par M. Kremer à plus de 200 millions, dont la moitié se rapporte à un matériel à remplacer à bref délai ;

Que la transformation annuelle des blés en France seulement produit plus de six milliards de kilogrammes de farine, donnant lieu à des transactions commerciales pour plus de 2.500 millions de francs, y compris les 200 millions pour les issues ;

Que le chiffre de ces transactions n'est pas estimé à moins de 22 milliards de francs pour l'Europe entière ;

Vous reconnaîtrez alors sans peine quelle est, tant au point de vue de l'économie d'installation et de force motrice, qu'à celui de l'augmentation de rendement, l'importance capitale du procédé imaginé par MM. Mariotte frère et Boffy, qui découle en quelque sorte du procédé à mouture haute ou mouture française. Et vous y ajouterez certainement, avec un grand sentiment de satisfaction, l'affranchissement heureux qui en résulte pour notre industrie nationale, d'un tribu toujours pénible, à payer à l'étranger, sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'établissement ou à l'élévation de droits protecteurs, qui défendraient imparfaitement la minoterie en frappant le consommateur.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Développement des voies de communication dans la Grande-Bretagne (*suite*). — Développement de la navigation transatlantique. — Tunnels sous des fleuves. — Statique graphique. — Extension de l'emploi du téléphone dans le canton de Zurich. — Concours pour l'utilisation de la force motrice du Rhône à Genève.

Développement des voies de communication dans la Grande-Bretagne. (*Suite.*) — La proportion élevée des voyageurs de troisième classe provient, dans une certaine mesure, de ce que, sur certaines lignes, il n'existe que deux classes, la première et la troisième. La Compagnie du Calédonian Railway est, croyons-nous, la première qui ait réduit à deux le nombre des classes pour le trafic des voyageurs de grandes lignes. La Compagnie du Great North of Scotland Railway a ouvert son service, en 1854, avec des voitures de première et de troisième seulement. La Compagnie du Midland a supprimé la seconde classe en 1874, en même temps qu'elle a remanié et abaissé les tarifs des voyageurs. Ces changements ont, sur cette ligne, porté le nombre de voyageurs transportés de 5 millions en 1873 à 27 3/4 millions en 1875; en 1881, ce chiffre a atteint 29 millions, dont 27 de troisième et 2 seulement de première classe.

Cet exemple fait voir que l'augmentation est due à la troisième classe et que les personnes qui auraient pris la seconde classe se sont très inégalement partagées entre la première et la troisième.

Les tarifs ont été abaissés à 10 et 6 centimes par kilomètre. Les recettes brutes provenant des voyageurs sur le Midland ont été, en nombres ronds, de 41,500,000 francs en 1873 et de 44,675,000 francs en 1881, alors que le montant des dépenses n'a pas varié; on peut donc admettre que cette grande expérience a donné d'excellents résultats financiers et elle a, sans aucun doute, amené le développement du transport en troisième classe sur les autres lignes de chemins de fer.

Les rapports annuels adressés au Board of Trade sur l'exploitation des chemins de fer donnent d'intéressants détails sur les opérations des compagnies. En 1854, vingt-quatre ans après l'ouverture de la ligne de Liverpool à Manchester, la longueur totale des chemins de fer exploités était de 12,965 kilomètres, dont un quart à une seule voie; le prix moyen du kilomètre s'élevait à 550,000 francs. En 1874, la longueur était sensiblement double, mais la moitié était à simple voie et le prix moyen montait à 573,000 francs par kilomètre. Suivant les derniers rapports publiés, la longueur totale des chemins de fer exploités à la fin de 1881 atteignait 29,260 kilomètres, avec la même proportion de simple voie, c'est-à-dire la

moitié. D'autre part, il y avait, à la même date, 183 kilomètres de lignes à trois voies et 421 kilomètres de lignes à quatre voies. La plus grande partie de ces voies multiples appartient au London and North Western, qui en compte 216 kilomètres. La ligne principale de cette Compagnie, entre Londres et Rugby, est entièrement à quatre voies, deux pour le service des voyageurs et deux pour celui des marchandises.

Sur les 29,260 kilomètres de chemins de fer exploités dans la Grande-Bretagne, il y en a 20,600 environ en Angleterre et dans le pays de Galles, 4,700 en Écosse et 4,000 en Irlande. Ces lignes appartiennent à 410 compagnies, ce qui ferait en moyenne 70 kilomètres par compagnie; mais l'exploitation est répartie entre 239 compagnies, auxquelles d'autres ont donné leurs lignes à bail ou avec lesquelles des fusions se sont produites.

Il semble qu'au point de vue de la centralisation de l'exploitation, la situation est moins favorable en Irlande qu'en Angleterre. Le plus long réseau exploité par une seule compagnie est celui du Great Western, qui compte 3,520 kilomètres. Les quatre grandes compagnies, le Great Western, le London and North Western, le North Eastern et le Midland, forment ensemble 11,270 kilomètres, soit plus de la moitié des chemins de fer de l'Angleterre et du Pays de Galles. Les deux plus grandes lignes d'Ecosse, le North British et le Caledonian, n'ont ensemble que 2,980 kilomètres, c'est-à-dire beaucoup plus de la moitié de la longueur totale des chemins de fer en Écosse. En Irlande, les trois lignes principales, le Great Northern, le Great Southern and Western et le Midland Great Western, ont ensemble 2,260 kilomètres, plus de la moitié de la longueur des chemins de fer irlandais. On voit donc que, si plus de la moitié des chemins de fer du Royaume-Uni est dans les mains de puissantes compagnies, il y a encore beaucoup à faire, surtout en Irlande pour la concentration du service et la réduction des frais de direction et d'exploitation.

Le capital employé, à la fin de 1881, dans la construction des chemins de fer du Royaume-Uni, se montait à 18,637,000,000 francs, soit en moyenne à 635,000 francs par kilomètre de ligne en exploitation, ce qui montre un notable accroissement des dépenses d'établissement par rapport à la période précédente. Cet accroissement est dû en partie à certaines améliorations, à des installations de gares, à des reconstructions et à la multiplicité des lignes; mais le prix varie considérablement d'une partie à l'autre du Royaume-Uni; ainsi, il est en moyenne de 744,000 francs par kilomètre pour l'Angleterre et le pays de Galles, de 496,000 francs pour l'Écosse et de 217,000 francs pour l'Irlande. Le prix élevé des chemins de fer anglais, en dehors des améliorations dont il a été question plus haut, tient en grande partie aux dépenses parlementaires, aux gares terminus monumentales et également au caractère luxueux des travaux des premières lignes où on dépensait des sommes énormes pour établir des sections entières en palier ou avec de très faibles inclinaisons, méthode qui fut en usage jusqu'à ce que le bon sens de Joseph Locke vint y mettre arrêt ou tout au moins en réduire le développement. Renonçant aux

viaducs gigantesques, aux tunnels dispendieux, etc., cet illustre ingénieur inaugura une nouvelle méthode d'après laquelle il construisit économiquement le Great Junction Railway en s'appliquant à suivre autant que possible le relief du terrain. Les actes furent passés, en 1833, pour cette ligne et pour celle de Londres à Birmingham, dont Robert Stephenson fut l'ingénieur; cette dernière ligne fut construite chèrement avec des tunnels, viaducs, grandes tranchées, etc., et coûta 830,000 francs par kilomètre, alors que le Great Jonction Railway ne revient qu'à 360,000, soit moins de la moitié. Cette dernière compte de nombreuses inclinaisons de 3 à 12 millièmes, tandis qu'il n'y a pas sur la ligne de Londres à Birmingham de déclivités supérieures à 3 millièmes. M. Locke compta sur la puissance des machines locomotives pour franchir ces inclinaisons, et c'est ce qui donna naissance à la fameuse machine de Crewe.

Le London and South Western, dont le prix moyen d'établissement ressort à 415,000 francs par kilomètre, a été fait par M. Locke avec une déclivité normale de 4 millièmes. Nous avons d'autres exemples de construction économique dus au même ingénieur, tels que la ligne primitive du Caledonian et le Scottish Central, dont le premier comporte de longues rampes de 13,5, 12,5 et 10 millièmes. Il y a en Écosse d'autres lignes établies à bon marché et on n'y compte guère qu'un chemin de fer construit presque de niveau et à un prix fabuleux, celui d'Edimbourg à Glasgow. « Qui peut prévoir », disait Whisham, l'historien des chemins de fer, « la prodigieuse révolution qu'est appelée à produire, en Écosse, l'ouverture de cette ligne si importante ? »

Il est intéressant de décomposer le prix de revient kilométrique des chemins de fer de la Grande-Bretagne. Le prix moyen de 558,000 francs pour 1871 se répartit de la manière suivante entre ses éléments.

	Par kilomètre.	Pour 100.
Dépenses parlementaires.	31,000	5.5
Achats de terrains et indemnités.	108,500	19.5
Construction de la ligne et des stations. .	279,000	50.0
Matériel roulant.	46,500	8.0
Intérêts pendant la construction, imprévus, divers, etc.	93,000	17.0
Total.	558,000	100.0

Les dépenses, qu'on pourrait appeler effectives, pour l'établissement de la ligne et du matériel d'exploitation, ne dépassent pas les 58 pour 100 de la dépense totale. Les frais relatifs aux actes et à la concession ou dépenses parlementaires sont relativement considérables, 5.5 pour 100. Les générations futures seront émerveillées de la prodigieuse quantité de lois qu'il a fallu faire pour établir les chemins de fer; le London and North Western, à lui seul, est régi par plus de 200 actes différents.

Le Trent Valley Railway a été proposé en 1838, et a été rejeté par la

Commission du Parlement sous le prétexte qu'une parcelle d'une valeur de 250 francs, figurant au plan général, n'avait pas été reproduite à part à plus grande échelle.

L'affaire est revenue devant le Parlement en 1840 et il n'a pas été produit moins de 450 dépositions sur ce point. L'examen a duré vingt-deux jours; la Commission a gardé le dossier pendant soixante-trois jours et le Parlement a été prorogé avant que le rapport ait pu être déposé.

Mais le cas le plus curieux qui se soit produit à une époque plus récente, comme exemple de dépenses énormes causées par les formalités parlementaires, est celui de la Compagnie du Great Northern. Les dépenses préliminaires, enquêtes, oppositions, etc., se sont montées à plus d'un demi-million sterling, exactement 14,760,000 francs.

Certains chapitres réunis ont atteint le chiffre de 66 millions, soit 170,000 francs par kilomètre de ligne primitive; on peut donc dire qu'un quart du capital était dépensé avant qu'il ait été donné un seul coup de pioche.

En revanche, on peut donner comme exemple de construction économique et de dépenses restées dans les bornes les plus légitimes le cas du Peebles Railway. Cette ligne, exploitée actuellement par le North British Railway, est à simple voie; elle a 25 kilomètres de longueur, entre la station de Peebles et la jonction avec la ligne principale à Esbank 13 kilomètres d'Édimbourg. Il n'y eut pas d'opposition à la concession et les propriétaires des terrains traitèrent à l'amiable; en outre, les commissaires des routes ne réclamèrent point d'indemnité. L'acte du Parlement, passé en juillet 1853, fut obtenu à peu de frais, et on n'eut pas d'honoraires extraordinaires à donner aux avocats. Les dépenses relatives aux formalités parlementaires ne dépassèrent pas 40,000 francs; l'achat des terrains et les indemnités s'élevèrent à peine à 530,000 francs, soit 17,500 francs par kilomètre; les sept stations, y compris celle de Peebles, écartées en moyenne de 4 kilomètres et demi, coûtèrent environ 30,000 francs chacune; le prix des travaux fut de 56,000 francs par kilomètre et celui du matériel roulant de 25,000 francs. La dépense totale s'éleva ainsi à peine à 104,000 francs par kilomètre. La ligne fut inaugurée en juillet 1855, deux ans après l'obtention de l'acte du Parlement.

Les recettes brutes de l'ensemble des chemins de fer étaient, pour les voyageurs, de 69 millions de francs en 1854, de 600 millions en 1873 et de 690 millions en 1881. Les recettes provenant des marchandises se sont élevées également dans des proportions considérables pendant les trente dernières années.

Ces recettes sont montées de 250 millions de francs en 1854, à 910 millions en 1881, date à laquelle le trafic s'est élevé à 250 millions de tonnes. L'ensemble des recettes des voyageurs et des marchandises a été, en 1881, y compris les recettes non classées, de 1,640,000 francs, soit 56,700 francs par kilomètre, ce qui représente environ 9 pour 100 du capital d'établissement.

Si on fait le décompte de ces recettes pour 1881, on trouve que les trains de voyageurs ont parcouru 204 millions de kilomètres et les trains de marchandises 192 millions, ce qui est sensiblement la même proportion pour les deux. De plus il a été fait 4 millions de kilomètres par des trains mixtes, ce qui porte le total parcouru en 1881 à 400 millions de kilomètres.

Le rapprochement des recettes et des parcours donne pour recette moyenne kilométrique brute 4 fr. 15; les trains de marchandises ont une recette supérieure à celle des trains de voyageurs.

Les dépenses d'exploitation, pour 1881, se montent à 862 millions de francs, soit 52 pour 100 des recettes brutes; le chiffre kilométrique est de 2 fr. 16.

Le produit net, pour 1881, a donc été de 778 millions de francs, ce qui représente 4 1/4 pour 100 du capital engagé dans le réseau des chemins de fer.

Le matériel roulant comprenait, à la fin de la même année, 13,727 locomotives avec les tenders, soit 1 locomotive pour 2,80 kilomètres de ligne, et 445,000 véhicules de toute sorte, soit 15 par kilomètre de ligne ou 32 véhicules pour 1 locomotive. La plus grande proportion est de 64 1/2 véhicules pour 1 machine, donnée par le Caledonian Railway.

L'utilisation du matériel roulant est indiquée d'une manière intéressante dans le cas du London and North Western. Le nombre des trains reçus et expédiés journellement des gares d'Euston et de Camden était de 19 en 1837, de 44 en 1848, de 86 en 1852 et de 220 en 1882.

Ces chiffres montrent l'accroissement continu du trafic depuis l'ouverture de la ligne. Le tonnage des trains a également augmenté; il était de 124 tonnes en 1837 et est arrivé à 300 et 400 tonnes en 1882.

De même, à Manchester, il passait par jour, dans la gare, 26 trains en 1831, 90 en 1848 et 102 en 1852.

En 1882 ce nombre est de 625, sans compter les trains du Lancashire-Yorkshire et du Manchester, Sheffield et Lincolnshire. On peut dire que, sur le réseau du London and North Western, l'accroissement du nombre des trains, entre 1832 et 1882, s'est fait dans le rapport de 1 à 24.

A la station de Stafford, le nombre des trains, de 14 en 1837, a passé à 528 en 1882.

Ces chiffres montrent d'une manière évidente combien M. Pease était dans le vrai lorsqu'il disait que les chemins de fer faisaient un pays. Les voies ferrées, a dit Carlyle, ont modifié de fond en comble toutes les villes de la Grande-Bretagne.

Lorsqu'on examine le détail des dépenses annuelles des chemins de fer, lesquelles font plus de la moitié des recettes brutes, on trouve qu'une très grande partie est représentée par les salaires du personnel. Sur le London and North Western seul, dont le réseau compte 2,843 kilomètres, il y a 50,000 employés, soit en moyenne 18 par kilomètre. Si on adopte cette proportion pour base, on trouve que les chemins de fer de la Grande-

Bretagne occupent 400,000 employés dont le travail fait vivre au moins un million de personnes.

Mais il y a un article des dépenses qui entraîne un chiffre de main-d'œuvre considérable dans des conditions qui ne peuvent pas être économiques, c'est la fabrication par les compagnies de chemins de fer de leurs rails et de leur matériel roulant.

C'est devenu une espèce de mode parmi les compagnies de construire elles-mêmes le matériel roulant nécessaire à leur service. Une compagnie a même tenté de fabriquer des locomotives pour d'autres chemins de fer, mais elle a dû s'arrêter devant un rappel à l'observation de la loi.

Presque toujours les houillères possèdent leurs wagons, mais construits d'après les spécifications des compagnies de chemins de fer, pour assurer l'uniformité au point de vue du service de l'exploitation.

Mais, depuis quelques années, plusieurs lignes ont cherché à absorber la fabrication des wagons à houille. L'expérience générale semble conduire à la conclusion, que les chemins de fer ont intérêt à laisser aux houillères toute liberté de se procurer leur matériel de transport et à demander celui qui leur est nécessaire à elles-mêmes à l'industrie privée.

Si on arrive à cette conclusion pour les wagons, on doit admettre qu'il doit en être de même, à plus forte raison, pour les locomotives.

On a quelquefois invoqué, en faveur de la solution opposée, les garanties de matière et de travail que donne la fabrication dans les ateliers des chemins de fer; mais, comme beaucoup d'autres du même genre, cet argument ne supporte pas l'examen des personnes compétentes au courant de la question. Les compagnies sont parfaitement placées pour obtenir les meilleures garanties pour les matières et la main-d'œuvre en s'adressant à des maisons de réputation éprouvée.

Elles peuvent se tenir au courant des nouveautés et des perfectionnements par les constructeurs qui travaillent pour presque tous les pays du monde, beaucoup mieux que par l'action isolée et individuelle de leurs ingénieurs qui se renferment souvent dans le cercle de leurs opérations journalières et manquent des communications avec l'extérieur et de l'échange des idées si nécessaires pour l'amélioration des services.

Il est, de plus, évident que la concurrence pousse les fabricants à perfectionner le travail, à simplifier les plans et à réduire les frais de construction. Comme ils y ont un intérêt personnel, ils y réussissent nécessairement mieux que des hommes qui opèrent non pour eux-mêmes, mais pour de grandes et puissantes sociétés et qui ont, de plus, à concentrer toute leur énergie sur les devoirs que leur impose le service de la traction et de l'entretien du matériel roulant.

Il est vrai que les qualités ou les défauts de ce matériel ne peuvent être pleinement appréciés que dans le service, et on peut objecter que cette appréciation peut être faite plutôt par ceux qui se servent du matériel que par ceux qui l'ont construit. Mais, bien que cet argument soit spécieux, il n'en est pas moins vrai que les progrès sont venus, pour la plus grande

partie, des ateliers particuliers, principalement pour les raisons qui ont été exposées plus haut.

Il est incontestable, en somme, que les constructeurs peuvent, tout en réalisant un bénéfice, fournir des machines à des prix avec lesquels ne peuvent pas lutter les ateliers des compagnies, à la condition que, dans ce dernier cas, les prix soient établis comme ils doivent l'être et, toutes les fois que l'expérience a été faite dans des conditions loyales, on a reconnu que les compagnies n'avaient aucun intérêt à faire elles-mêmes leurs locomotives.

Sur une des grandes lignes du sud de l'Angleterre, les locomotives qui revenaient à la compagnie à 80,000 francs chacune auraient pu être fournies par des constructeurs à un prix inférieur de 12,500 francs et dans des condititions d'exécution au moins égales. Dans les ateliers des compagnies, il se produit inévitablement pour toute espèce de causes des pertes de temps qui augmentent la main-d'œuvre, lesquelles pertes de temps ne se produisent pas dans des établissements de construction particuliers où le travail est organisé méthodiquement et ne s'applique qu'à la fabrication de machines neuves. Le Great Eastern, le Midland, le Lancashire-Yorkshire et le London Brighton ont passé par cette expérience. Le London and North Western fabrique lui-même ses machines, mais il ne produit pas de prix de revient. Le London Brighton est peu favorablement placé sous le rapport de la proximité des lieux de production des matières. Dans les ateliers de Brighton, on ne construit du matériel neuf que pour occuper les ouvriers lorsque le travail des réparations est peu actif, et la plus grande partie des machines et voitures est fournie par l'industrie privée.

Ce dernier système est exclusivement employé par la plus importante des Compagnies écossaises; les deux autres grandes n'y recourent que partiellement.

Les chemins de fer devraient se préoccuper avant tout du transport des voyageurs et des marchandises et borner le travail de leurs ateliers à la réparation et à l'entretien du matériel. Ils trouvent avantageux de donner à l'entreprise leurs travaux neufs de lignes et de stations, ils ont donc tout intérêt à reporter à des constructeurs privés la responsabilité dans la fabrication du matériel roulant neuf.

Les compagnies de chemins de fer ne sont, en définitive, que des entreprises de transport et, s'il n'y avait pas d'industrie manufacturière, il n'y aurait pas de marchandises à transporter. Elles ont donc tout intérêt à encourager l'industrie. Faire elles-mêmes de la fabrication est un moyen de paralyser cette industrie, de diminuer leurs recettes et de mettre un obstacle au développement du pays; lorsqu'on voit une compagnie de chemins de fer suivre un système, en faveur duquel on ne peut invoquer aucun avantage en présence d'inconvénients des plus graves, il est difficile de concevoir une haute idée de l'intelligence commerciale de ceux qui sont responsables de cette manière d'opérer.

On peut citer à cet égard un fait significatif. Quatre ateliers, pour la

construction des locomotives, ont été fondés depuis quelques années par des sociétés particulières et placés sous la direction d'hommes ayant acquis leur pratique dans les chemins de fer où ils avaient d'ailleurs une situation élevée. Aucun de ces quatre ateliers n'a réussi dans l'industrie des locomotives. Trois d'entre eux, après perte complète du capital, ont été fermés et le matériel vendu et dispersé. Ce fait se passe de commentaires. (*A suivre.*)

Développement de la navigation transatlantique. — Dans une revue des progrès faits l'année dernière dans les questions qui se relient à l'art de l'ingénieur, publiée par l'*Engineer*, nous trouvons les curieuses observations suivantes.

L'année qui vient de s'écouler a été extrêmement fructueuse pour la navigation océanique et surtout pour celle qui s'exerce entre l'Angleterre et les États-Unis. Nous ne croyons pas nous tromper de beaucoup en évaluant à un chiffre de 450,000 à 500,000 francs les recettes brutes de chaque voyage de grands steamers tels que l'*Alaska*, le *Servia*, le *Gallia*, etc.; là-dessus le bénéfice est au moins d'un quart. On entend ici par voyage l'aller et le retour, ce qui demande de quatre à cinq semaines. Le prix énorme d'établissement des grands steamers qui constituent actuellement la flotte transatlantique de Liverpool est si élevé qu'il n'est pas à la portée des particuliers; on sait que les navires qui sont inscrits sous le nom de maisons privées bien connues appartiennent en réalité à de grands syndicats, qui ont derrière eux de puissantes maisons de banque. Ce n'est que par cette manière d'opérer qu'on peut réunir les capitaux nécessaires pour s'assurer la possession des plus beaux navires qui soient à flot.

Sans entrer dans des détails minutieux sur les faits relatifs à la navigation transatlantique, nous nous bornerons à citer quelques chiffres au sujet d'un navire qui réalise aujourd'hui le maximum de ce qu'on a encore fait. C'est l'*Oregon*, un nouveau steamer de la ligne Guion. Il pourra être prêt à faire ses essais cet été et on espère qu'il dépassera en vitesse tous les navires connus. Les dimensions n'en sont pas supérieures à celles de l'*Alaska*, mais les machines devront développer la puissance énorme de 13,000 chevaux indiqués. Il n'y a qu'une seule hélice qui aura environ $7^m,25$ de diamètre, avec un pas de $12^m,20$. La vapeur sera fournie aux machines par 12 chaudières, ayant chacune 6 foyers de $1^m,067$ de diamètre, avec des grilles de $1^m,800$ de longueur.

Comparons ces machines avec celles de l'*Alaska* qui a neuf chaudières, avec chacune six foyers de la même dimension que les précédents; nous trouvons que la surface totale de grille de l'*Oregon* est de 141 mètres carrés, divisés entre 72 foyers, tandis que celle de l'*Alaska* est de 105 mètres carrés, répartis entre 54 foyers. Comme l'*Oregon* brûle environ 90 kilogrammes de combustible par mètre carré de grille et par heure, la consommation par vingt-quatre heures ne sera guère inférieure à 300 tonnes et, si on admet une vaporisation de 9 d'eau pour 1 de charbon, on trouve

qu'il ne passera pas moins de 2,700 tonnes de vapeur dans les machines par vingt-quatre heures. Pour contenir ce cube d'eau, il faudrait un réservoir de 30 mètres de côté et 3 mètres de hauteur. Si ce réservoir n'avait que 15 mètres de côté, la hauteur d'eau atteindrait 12 mètres; cette quantité d'eau suffirait à l'alimentation d'une population de 27,000 habitants, à raison de 100 litres d'eau par individu et par vingt-quatre heures. La quantité d'air qui devra passer dans les foyers pour alimenter la combustion est de 6,000 tonnes, représentant un volume de 4,600,000 mètres cubes qui, pour passer par un tuyau de 3m,40 de diamètre, devraient prendre une vitesse de 22 kilomètres à l'heure, vitesse d'un vent déjà assez fort.

Le poids total de l'eau convertie en vapeur pendant une traversée de l'Atlantique représente à peu de chose près trois fois le poids du navire avec ses machines, son armement et sa cargaison. Nous donnons ces chiffres pour que nos lecteurs puissent se faire une idée de ce que peut être une puissance de 13,000 chevaux indiqués; elle correspond d'ailleurs à 975,000 kilogrammètres par seconde ou 975 tonnes élevées à un mètre dans cet espace de temps, soit 84,240,000 tonnes élevées à un mètre par vingt-quatre heures, ou une tonne élevée à 84,240 kilomètres dans le même espace de temps.

Si on admet que le navire marche à la vitesse de 20 nœuds, la poussée de l'hélice sera d'environ 90 tonnes, c'est-à-dire l'effort de traction développé par 20 locomotives de bonne force.

Une des plus grandes difficultés qu'entraîne l'emploi de puissances aussi énormes est l'alimentation des foyers. L'*Orégon* ne consommera pas moins de 300 tonnes par vingt-quatre heures, c'est-à-dire la charge d'un train de 30 wagons. A terre le problème serait encore relativement facile à résoudre, mais il en est autrement sur un navire soumis à des mouvements violents de roulis et de tangage. On fait, bien entendu, tout le possible pour mettre en rapport les chaudières et les soutes à combustible, mais il est évident que sur la quantité totale de 2,500 tonnes de charbon, une grande partie devra être amenée aux foyers d'une notable distance. Il ne semble pas qu'on ait jusqu'ici établi des chemins de fer qui répondraient mieux aux nécessités du service que les dispositions actuelles où tout le travail est fait à bras d'hommes.

Tunnels sous des fleuves. — Nous trouvons dans la même revue d'intéressants détails sur les grands travaux qui s'exécutent en ce moment pour faire passer des lignes de chemins de fer sous des cours d'eau très importants. Ce sont d'abord, en Angleterre, les tunnels sous la Severn et sous la Mersey. Dans le premier, on avait éprouvé de grandes difficultés à la suite de l'invasion des eaux provenant d'une source dans la partie en terre ferme. Après épuisement de ces eaux, cette difficulté ne s'est plus représentée. Les travaux avancent rapidement, sous la direction de M. T. A. Walker, et le Great Western Railway pourra probablement, avant

la fin de l'année, prendre ses mesures pour suffire à l'énorme transport de charbon qui se produira directement entre le sud du pays de Galles et Londres, en réalisant enfin les prévisions émises, dès 1835, par Thomas Deakin. Les travaux ont marché sans interruption pendant l'année dernière; on a déjà voûté une longueur de 2,135 mètres et, pendant les trois derniers mois, on a marché à raison de 150 mètres par mois. Il y a quatre puits exclusivement destinés à l'extraction, trois à l'extraction et à l'épuisement, et quatre à l'épuisement exclusivement. Il y a onze pompes de $0^m,38$, quatre de $0^m,45$, deux de $0^m,65$, deux de $0^m,70$ et une de $0^m,90$; ces divers appareils épuisent par jour un volume d'eau de 54,000 mètres cubes; la moitié seulement des pompes fonctionne à la fois, le reste est en réserve. Le tunnel, une fois achevé, aura 7,245 mètres de longueur, dont 4,000 sous la rivière Severn. Dans cette dernière partie le terrain est très solide et on a moins d'infiltration que dans la partie en pleine terre. La maçonnerie est faite en briques vitrifiées du Staffordshire et ciment de Portland; on emploie par semaine 500,000 briques, soit 26 millions par an. Il y a 3,000 ouvriers pour lesquels on a élevé 200 maisons. On consomme par mois 6,500 kilogrammes de substances explosives. La ventilation est obtenue d'une manière parfaite avec un ventilateur Guibal et quatre ventilateurs Baker, et six compresseurs constamment en marche fournissent de l'air à 4 1/2 kilogrammes de pression aux perforatrices et aux pompes.

En même temps que Deakin indiquait la nécessité du percement du tunnel sous la Severn, il parlait d'un passage sous la Mersey, ce travail était donc déjà prévu il y a cinquante ans. Il s'exécute aujourd'hui. Les deux tunnels se ressemblent en ce qu'ils sont percés dans le même terrain, le grès rouge. Le second n'a que 1,200 mètres sous la rivière et le niveau des rails est seulement à 44 mètres au-dessous des hautes mers, tandis qu'au tunnel de la Severn la différence de hauteur est de 49 mètres environ. Les deux tunnels s'exécutent sans l'emploi de boucliers, mais avec des moyens d'épuisement très puissants.

Les travaux du tunnel de la Mersey sont poussés avec une grande activité sous la direction de MM. Brunlees et Fox, par M. John Waddell, entrepreneur; une longueur de 730 mètres a déjà été percée. Du côté de Birkenhead, le front d'attaque est arrivé sous la rivière; néanmoins la quantité d'eau à épuiser est moindre qu'elle n'était il y a un an, parce que la maçonnerie a rendu la galerie étanche.

On va employer la machine du colonel Beaumont, du même modèle que celle dont on se sert au tunnel sous la Manche; on espère avancer de 30 mètres environ par semaine. Les travaux pour le raccordement avec le London and North-Western et le Great Western vont être commencés.

Un autre ouvrage du même genre des plus importants est le tunnel sous l'Hudson à New-York. Il doit avoir environ 1,600 mètres de longueur et traverser des terrains argileux, dans lesquels le percement se fait en partie à l'aide d'un bouclier combiné avec l'emploi de l'air comprimé, lequel doit

empêcher l'accès de l'eau et remplacer le boisage pour le soutien des terres. Il est clair que ce dernier objet est difficile à réaliser et en fait, peu de temps après le commencement des travaux, un accident dû à cette cause, arrivé le 21 juillet 1880, a amené la mort d'un certain nombre d'ouvriers[1]. A la suite de cet accident, on a construit près du puits d'entrée une cloison en maçonnerie avec une écluse à air formée d'un gros tube en fer, de diamètre suffisant pour laisser passer facilement un homme. Le tunnel est maçonné intérieurement à une enveloppe en tôle; cette enveloppe est formée de parties de $4^{m},50$ de longueur, et il y a à l'extrémité de l'enveloppe une cloison provisoire également en tôle. Dans le travail, on enlève une plaque de cette cloison et on déblaye le sol à la place; on pose ensuite une partie correspondante de l'enveloppe et on la boulonne avec le reste; on procède de même jusqu'à achèvement total de l'enveloppe.

La pression de l'air est de 2 atmosphères environ, c'est-à-dire un peu supérieure à la charge d'eau; on dit que les ouvriers ne sont pas incommodés. Les fuites d'air par le terrain donnent lieu à quelques difficultés, mais on y obvie en projetant du ciment sec sur la place où se produit la fuite; l'air entraîne le ciment et la fuite est arrêtée. Ce moyen réussit bien en général, mais quelquefois on a dû recourir à toute espèce de procédés pour surmonter les difficultés provenant de cette cause, ainsi que pour poser les plaques de l'enveloppe. On peut dire que, sans l'emploi de ces moyens très ingénieux, il eût été impossible de pousser le travail aussi avant et, si on ne peut considérer l'achèvement comme absolument impossible, il est tout au moins problématique par suite de la difficulté d'avoir toujours la cloison bouclier complète sur toute la section du percement. Les travaux sont actuellement arrêtés, faute de fonds, dit-on. Mais il n'est pas certain que la véritable cause de cette suspension ne soit plutôt le manque de confiance dans le procédé, non seulement de la part des capitalistes, mais aussi de la part des ouvriers; on trouve dans quelques journaux américains, l'espoir indiqué qu'un mode d'opération plus satisfaisant soit trouvé avant que les travaux ne commencent.

Statique graphique. — M. Maurice Maurer, professeur agrégé à l'École polytechnique de Budapest, a publié récemment un *Traité de statique graphique appliquée aux constructions*, qui paraît destiné à rendre des services sérieux pour l'emploi des solutions graphiques encore relativement peu connues et peu employées en France, tandis qu'elles sont d'un usage général chez nos voisins de Suisse, d'Allemagne et même d'Italie.

M. Maurer fait observer que l'étude du célèbre *Traité de statique graphique* de Culmann présente des difficultés, parce qu'elle suppose une connaissance approfondie de la géométrie de position que l'on n'enseigne encore aujourd'hui que dans un nombre très restreint d'écoles, ce qui

1. Voir Chronique d'août 1880.

explique pourquoi le calcul graphique n'est pas aussi employé qu'il devrait l'être. L'auteur s'est donc proposé de ne recourir qu'aux principes élémentaires de la géométrie. Il n'a traité pour le moment que les solutions purement statiques.

L'ouvrage commence par l'exposé des notions préliminaires du calcul graphique, comprenant les opérations arithmétiques : addition, soustraction, multiplication et division, le carré et la racine carrée, la construction de la moyenne proportionnelle entre deux quantités, puis la représentation des surfaces par des longueurs, celle d'un volume par une ligne proportionnelle, ainsi que la représentation par des lignes d'autres expressions analytiques, telles que les moments statiques des forces, les moments des surfaces, c'est-à-dire la somme des produits de chaque élément dont se compose cette surface par la distance à l'axe de rotation, les moments d'inertie, etc.

Vient ensuite l'étude de la représentation des forces en général et de leur résultante et la décomposition des forces, puis l'étude des poutres, cette expression désignant toute construction destinée à franchir, à couvrir, à fermer un espace et capable de supporter, outre son poids propre, les charges accidentelles.

Dans cette étude sont traitées les questions relatives aux réactions, moments fléchissants et efforts tranchants dans les divers cas de disposition et de surcharge des poutres; c'est un des chapitres les plus importants de l'ouvrage; les différents modes de construction des poutres y sont passés en revue avec des exemples d'application. Nous signalerons notamment le cas des poutres en treillis au sujet desquelles sont indiquées les méthodes de Culmann, de Ritter, de Cremona.

A la fin de l'ouvrage de M. Maurer se trouvent reproduites les données générales sur le poids propre des différentes constructions et sur les surcharges qu'elles peuvent avoir à supporter, comprenant les poids spécifiques des matériaux, les poids permanents des toitures au mètre superficiel, les poids propres des planchers, les surcharges accidentelles de ceux-ci, les pressions du vent, ainsi que des applications aux planchers, combles de diverses natures, poutres, etc., et enfin la détermination graphique des centres de gravité et des moments d'inertie des surfaces planes.

L'auteur se propose de compléter plus tard son travail, en l'étendant à des problèmes autres que ceux qui sont relatifs à la statique pure; mais, tel qu'il est, il nous paraît, à une époque où le calcul graphique semble s'imposer de lui-même, appelé à faciliter singulièrement l'emploi de celui-ci aux ingénieurs et architectes pour la solution des problèmes qui se présentent journellement dans la pratique de la construction.

Extension de l'emploi du téléphone dans le canton de Zurich. — Depuis le 1er janvier de cette année, les communications par téléphone entre Zurich et Thalweil (distance, 13 kilomètres) sont ouvertes;

elles le sont aussi depuis le 1er février avec Winterthur (26 kilomètres), et elles le seront prochainement avec Horgen, Wadensweil et Richtersweil, puis Uster, Ruti, etc. La méthode suivant laquelle ces communications se pratiquent est celle-ci : dans toutes les localités d'une certaine importance du canton de Zurich, c'est-à-dire dans celles où il se trouvera un nombre suffisant d'abonnés, au moins dix, on installera une station centrale qui correspondra avec les abonnés. Ces petites stations seront mises en communication avec la station centrale de Zurich, laquelle met en communication toutes les succursales de Zurich, entre elles, ainsi que les abonnés de cette ville. D'après cela, si un abonné de Thalweil veut correspondre avec un abonné de Winterthur, la station de Thalweil a à demander premièrement la communication à la station centrale de Zurich, avec celle de Winterthur; alors l'abonné de Thalweil peut correspondre directement avec celui de Winterthur.

L'expérience a démontré qu'à des distances de 30 à 50 kilomètres, comme le cas se présente ici, la communication téléphonique n'est pas rendue plus difficile et se produit aussi bien entre deux villes éloignées de cette distance qu'entre deux maisons voisines de la même ville.

Cependant le son est amoindri par les appareils qui se trouvent à la station centrale, aussi doit-on s'attacher à en réduire le nombre. Cela fait, il n'y aura plus à compter qu'avec le bon vouloir des agents et on pourra correspondre téléphoniquement entre Zurich et Bâle ou Berne.

La liste des abonnés de la Compagnie zurichoise des téléphones compte actuellement 800 noms, dont 630 à Zurich et dans les communes voisines telles que Wipkingen, Höngg, Oerlikon, Zollikon, Küssnacht et Wollishofen, 13 à Horgen, 13 à Thalweil, 10 à Wadensweil et 36 à Winterthur et aux environs. Zurich compte un abonné par 115 habitants; ce n'est que dans de petites villes commerçantes de l'Amérique du Nord qu'on trouve une proportion plus élevée ou même égale.

Entre Zurich et Winterthur, on a établi cinq fils en prévision des communications fréquentes entre ces deux villes; l'expérience a démontré que, si l'on ne se sert que d'un fil, on entend aussi bien sur les quatre autres ce qui se transmet par le premier. Pour éviter cet inconvénient, il suffira de pourvoir chaque communication de deux fils. Ce sera également le cas pour les communications sur la ligne de la rive gauche du lac et les fils devront y être doublés.

(*Schweizerische Bauzeitung.*)

Concours pour un projet d'utilisation de la force motrice du Rhône à Genève. — La ville de Genève a l'intention de faire un établissement pour l'utilisation de la force du Rhône, près de la Coulouvrenière. Pour y arriver, elle a ouvert un concours dont nous donnons ci-après le programme.

Le projet doit comprendre l'installation des turbines, les transmissions

par câbles télodynamiques ou éventuellement par l'électricité entre les turbines placées à l'endroit où on pourra disposer de la chute la plus avantageuse et les ateliers, ainsi que la position de ceux-ci.

Le système à employer pour les turbines est laissé au choix des concurrents; mais ils doivent avoir en vue de réaliser le plus grand effet utile possible. On prévoit qu'on pourra disposer de 12,000 chevaux, mais on on n'aura besoin d'abord que des deux tiers. Le programme donne des détails plus étendus à ce sujet.

Les concurrents auront à fournir les plans, élévations, coupes et vues diverses des bâtiments des turbines, des appareils moteurs et des transmissions, ainsi qu'un devis des poids approximatifs et des prix, avec toutes les explications nécessaires.

La date extrême de la remise des projets est fixée au 15 mai 1883. Des prix de 2,500 francs, 1,500 francs et 1,000 francs seront décernés aux trois projets jugés les meilleurs. Les projets couronnés seront la propriété de la ville.

On peut se procurer le programme du concours, les conditions et les plans chez M. E. Merle d'Aubigné, ingénieur-directeur du service des eaux de la ville de Genève.

On peut faire remarquer que ce concours n'est pas un concours d'exécution, mais une sorte d'intermédiaire entre le concours et la soumission.

Pour l'exécution des travaux, on a établi un cahier des charges et la Ville se réserve le droit d'adjuger immédiatement aux soumissionnaires tout ou partie des travaux.

L'expérience a indiqué, qu'en règle générale, dans ces sortes de concours, on n'arrive jamais à un résultat immédiat et le premier concours est suivi d'un second et quelquefois d'un troisième.

Nous reviendrons sur ce projet colossal qui, d'après le projet de M. l'ingénieur Legler, lorsque tous les travaux, qui comprendront cinq périodes, dont le projet actuel ne constitue que la première, seront achevés, mettra la ville de Genève en possession d'une force hydraulique de 12,000 chevaux, qui exigera une dépense de premier établissement de 5 1/2 à 6 millions de francs.

(*Schweizerische Bauzeitung.*)

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

DÉCEMBRE 1882.

Note sur les **mesures adoptées par les chemins de fer français pour la protection des trains** circulant dans le même sens sur les lignes à double voie, par M. E. Brame, inspecteur général des ponts et chaussées, et M. L. Aguillon, ingénieur des mines.

Les auteurs de cet important mémoire se sont proposé de faire seulement un exposé descriptif des éléments de la question de manière, disent-ils, que chacun puisse se faire une opinion raisonnée, cette réserve leur étant commandée par les dispositions nouvelles que les compagnies ont soumises récemment à l'Administration et sur lesquelles celle-ci n'a pas encore statué.

Les systèmes destinés à maintenir entre les trains circulant dans le même sens l'intervalle nécessaire pour la sécurité sont au nombre de deux : la couverture par le temps et l'exploitation par le block-system ou par cantonnement.

Le premier système a été employé dès l'origine et il l'est encore en partie. La note décrit la manière dont la couverture par le temps est appliquée par les grandes compagnies françaises et les chemins de fer de l'État.

L'exploitation par le block-system consiste à substituer l'intervalle de distance à l'intervalle de temps. Le block-system se divise en block absolu et block permissif, mais le premier peut se subdiviser lui-même en deux classes que les auteurs proposent de désigner par les dénominations de block absolu *ferme* et de block absolu *ouvert*, selon que l'entrée d'une section encore occupée est interdite, sauf à un train ou machine allant au secours du train resté en détresse dans la section ou que l'entrée de cette section est permise après l'écoulement d'un certain intervalle de temps.

Le block-system peut être réalisé par le seul emploi des disques ou par des appareils spéciaux (Regnault, Tyer, Jousselin) électro-sémaphores; la description de ces diverses méthodes, avec les appareils correspondants, est donnée dans la note. On peut citer comme conclusion que, pour une

ligne à circulation chargée, la longueur des sections est en moyenne de 2 à 2.5 kilomètres et ne doit guère dépasser 3 à 3.5 et que, dans ces conditions, on peut estimer que l'établissement du block-system, quel que soit le système adopté, coûtera sensiblement 2,000 francs par kilomètre en nombre rond.

Appareil orthogonal dans les voûtes biaises dont la section droite est une ellipse surbaissée, par M. Sampité, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur expose que les constructions ordinaires par épures donnent lieu dans ce cas à de trop grandes erreurs si elles sont faites à échelle réduite, et que, pour des ouvertures un peu considérables, on ne peut songer à faire les tracés en vraie grandeur; il a donc pensé à une méthode de calcul de la trajectoire orthogonale qui fait l'objet de la note.

Cette méthode a été appliquée au pont de Tarignano, sur la route de Bastia à Corte, lequel pont, biais à 53°, a 30 mètres d'ouverture suivant le biais avec section droite en ellipse.

La note donne la description de l'ouvrage et celle de l'exécution des travaux.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JANVIER 1883.

DISTRICT DU SUD-EST. — Réunion d'Alais, 1er octobre 1882.

Communication de M. Marsaut sur les **lampes de sûreté**. — L'auteur a constaté que certaines lampes de sûreté, notamment les lampes Mueseler, type belge, peuvent être mises en défaut, d'une manière inquiétante, une à deux fois, en moyenne, sur 100 épreuves dans le gaz d'éclairage. M. Marsaut a construit une nouvelle lampe qui a résisté efficacement à plus de 6,000 épreuves, dans des conditions où la plupart des lampes actives déterminent l'explosion extérieure.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 6 janvier 1882.

Communication de M. Charousset sur la **transmission électrique des mines de la Péronnière.**

Les machines électriques, décrites dans une communication antérieure, ont subi quelques modifications consistant dans la réunion des balais de même nom par des fils de cuivre qui les relient directement et dans le déplacement des axes des porte-balais, ainsi que dans l'augmentation de la vitesse du tambour portée à $0^m,95$ par seconde, au lieu de $0^m,70$.

Les rendements moyens obtenus dans diverses expériences faites dans des conditions différentes de marche ont été les suivantes :

De 30 pour 100 en prenant le rapport du travail utile au travail de la vapeur dans le cylindre ;

De 37 pour 100 en prenant le rapport du travail utile au travail sur l'arbre de la génératrice ;

De 49 pour 100 en prenant le rapport du travail utile au travail $\frac{E\,i}{g}$ réellement disponible sur la génératrice ;

Pour le rendement de machine électrique à machine électrique, on a un rendement de 50 pour 100 en prenant le rapport du travail réel de la réceptrice au travail sur l'arbre de la génératrice ;

Et de 67 pour 100 en prenant le rapport du travail réel de la réceptrice au travail $\frac{E\,i}{g}$ réellement disponible sur la génératrice.

Mémoire de M. Pourcel sur la **fabrication des moulages d'acier aux forges de Terre-Noire.**

Ce mémoire a été lu à la réunion de l'*Iron and Steel Institute* à Vienne ; c'est la traduction en français qui est donnée dans les comptes rendus de la *Société de l'Industrie minérale*.

Carte industrielle du bassin de la Loire. — Cette carte, dressée à l'échelle de 1/20,000 par M. Tyrode, représente l'ensemble du bassin au point de vue industriel, sous le rapport mines et métallurgie.

Communication de M. Guasco sur le **Pétrole dans la Limagne d'Auvergne.**

La vallée de la Limagne peut être considérée comme le fond d'un immense entonnoir où sont venus se condenser les produits volatilisables, lors de la gigantesque distillation qui a accompagné et suivi, dans ces contrées, l'éruption des volcans.

On peut citer des faits curieux, entre autres celui-ci : Un champ, situé aux portes de Riom, entouré de fossés où séjournait une eau irisée et parfois mouchetée de taches graisseuses, était périodiquement exploité pour la recherche du bitume. La surface, richement imprégnée de bitume à une profondeur de 30 à 40 centimètres, alors que le sous-sol n'en renfermait pas assez pour être traité, était écumée, et les terres une fois épuisées étaient remises en place.

Après un temps plus ou moins long, on pouvait recommencer l'opération

avec un rendement sensiblement égal. Ce phénomène ne peut guère s'expliquer que par la condensation et l'oxydation à la surface de vapeurs provenant d'un réservoir souterrain d'huile minérale.

Il y a, de plus, des faits directs qui semblent confirmer l'existence de ces dépôts souterrains.

Des sondages ont fait constater la présence du terrain pétrolifère et la similitude des signes indicateurs de ces terrains, avec ce qui est observé au Canada et en Pensylvanie, est de nature à confirmer ces indications.

Il serait donc à désirer qu'on formât une société de recherches pour explorer cette région.

Conférence sur l'**Assurance sur la vie**, faite à l'École des mines de Saint-Étienne le 3 décembre 1882, par M. Badon-Pascal.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1883

N° 3

Pendant le mois de mars la Société a traité les questions suivantes :

1° *Visite du paquebot la « Normandie. »* (Séance du 2 mars, p. 264.)

2° *Chemin de fer aérien dans Paris*, par M. Revin. (Séance du 2 mars, page 265.)

3° *Transport de la force motrice par l'électricité*, par MM. Cabanellas et Boistel (Séances des 2 et 16 mars, page 269, 330.)

4° *Banquet commémoratif du* 35me *anniversaire de la fondation de la Société* (4 mars 1883, page 294.)

5° Voyage au Havre, visite du paquebot transatlantique *La Normandie*. Page 310.

6° *Amorce des pompes alimentaires*, par M. Burot. (Séance du 16 mars, page 311.)

7° *Chemin de fer métropolitain dans Paris*, projet de M. Haag, ingénieur des ponts et chaussées, présenté par M. Douau. (Séance du 16 mars, page 313.)

Pendant le mois de mars, la Société a reçu :

De M. Cerbelaud, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *explosifs modernes au Gothard.*

De M. Ernest Vlasto, membre de la Société, un exemplaire de son *guide pour les leçons de choses usuelles.*

De M. Gendebien, ingénieur, un exemplaire de la note sur les *ventilateurs des mines.*

De M. A. Brandsept, ingénieur, un exemplaire de sa note sur la *transmission électrique de la force.*

De M. Bazaine, Achille, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur l'*influence des irrigations sur l'altitude d'une nappe souterraine.*

De M. Colladon, membre de la Société, deux exemplaires d'une notice sur l'*éclairage électrique et l'éclairage par le gaz* du docteur et ingénieur N.-H. Schilling.

D. M. Émile Level, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *chemins de fer et le budget.*

De M. Yvon-Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de son exposé concernant les *régulateurs isochrones à ailettes.*

De M. Alfred de Madrid-Davila, membre de la Société, un exemplaire de son rapport intitulé : *La productio agricola y forestal de la Argelia in el concurso de Argel de* 1881.

De M. Dubuisson, membre de la Société, une étude intitulée : *Essais sur l'amélioration des Travaux Publics.*

De M. Henri Mathieu, membre de la Société, des exemplaires d'un mémoire sur la *composition chimique et essai des rails en acier*, par M. G.-I. Snelus. Traduit des mémoires de l'Institut du fer et de l'acier.

De M. Rey, membre de la Société, une note sur une *nouvelle voie de tramway*, établie sur la ligne de Cambrai à Catillon.

De M. Hirn, ingénieur, un exemplaire de ses *remarques relatives à une critique de M. G. Zeuner sur la machine à vapeur depuis* 1851.

De MM. Blétry, frères, membres de la Société, un exemplaire de leur *manuel formulaire.*

De M. Garay, membre de la Société, une collection de photographies du chemin de fer Mexicain de Vera-Cruz à Mexico.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bariquand, présenté par MM. Carimantrand, Fontaine et Maure.
Baumann, — Carimantrand, Franc de Préaumont et Marché.
Bellot, — Feray, Legat et Vigreux.
Biver, — Biver (A.), Biver (E.), et Muller (É.).
Delforge, — Cosyns, Guibal et Hanarte.
Fabry, — Carimantrand, Fontaine et Maure.
Fould, — Carimantrand, Marché et Pereire (E.)
Hamet, — Carimantrand, Marché et Verstraet.
Lasson, — Carimantrand, Lévi et Marché.
Leroux, — Cahen, Lecocq et Montupet.
Loth, — Carimantrand, Gibault et Imbert.
Letestu, — Barrault, Goumet et Marché.
Lombard, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Pagniez, — Bocquet, Mallet et Radot.
Peer de Rehaussen, — Brossard, Hallopeau et Le Brun.
Poulot, — Carimantrand, Fontaine et Maure.
Umbach, — Carimantrand, Gibault et Marché.
Villeneuve, — Cornuault, Marché et Moreau (A.).

Comme Membres associés :

MM. Delfosse, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Heurtebise, — Carimantrand, Marché et Vaillant.
Léglise, — Carimantrand, Marché et Pereire (É.)
Lescuyer, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Sailly (de), — Carimantrand, Marché et Pereire (E.)

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1883

Séance du 2 Mars 1883.

PRÉSIDENCE de M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Végni.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le dernier paquebot que vient de faire construire, en Angleterre, la Compagnie Transatlantique : *la Normandie*, vient d'arriver au Havre et que les membres de la Société sont invités à le visiter.

Ce paquebot, probablement le dernier que la Compagnie fera construire à l'étranger est, comme dimensions, comme aménagements, comme puissance et comme vitesse, le navire le plus remarquable de toute sa flotte. Il doit effectuer la traversée du Havre à New-York en neuf jours.

Il serait certainement plus intéressant pour la Société, que les communications qui pourraient nous être faites à cet égard, fussent entendues au Havre, sur le paquebot même.

M. LE PRÉSIDENT s'est donc entendu avec la Compagnie Transatlantique pour que le 31 mars ou le 1er avril, les membres de la Société qui pourraient se rendre au Havre y puissent, en visitant la *Normandie*, entendre les explications que voudront bien nous donner les ingénieurs de la Compagnie. C'est une séance extraordinaire que la Société tiendra au Havre et dont le procès-verbal sera inséré dans un bulletin avec les documents et les dessins qui nous seront communiqués.

Les membres qui désirent venir au Havre, sont priés de se faire inscrire au Secrétariat avant le 25 mars.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Revin sur un nouveau système de chemin de fer aérien dans Paris.

M. Revin décrit la ligne, les véhicules et le mode de locomotion qu'il a projetés.

Pour qu'un chemin de fer puisse desservir convenablement la circulation intérieure des grandes villes, il faudrait que les voitures pussent s'arrêter à tout instant et conserver néanmoins une assez grande vitesse effective.

Il faudrait de plus qu'il fût aérien et très léger afin de nuire le moins possible à l'aspect et à la circulation des voies publiques et surtout afin d'être assez économique pour que l'on pût multiplier les lignes.

Toutes ces conditions sont remplies par le système que nous allons décrire.

Il est très léger parce que les voyageurs, au lieu d'être réunis dans de lourdes voitures, sont isolés dans de légers véhicules à une place dont la distance normale est de 20 mètres au minimum. (On pourrait au besoin y mettre 2 places sans trop nuire à la légèreté de la voie.)

Cet isolement leur permet de partir et de s'arrêter à volonté sans interrompre la circulation générale. Les voitures n'ont qu'une roue placée à la partie supérieure, ce qui simplifie considérablement l'aiguillage et la voie elle-même.

Une petite roulette placée en arrière assure la direction.

La vitesse est de 36 kilomètres à l'heure, ce qui est considérable pour un service urbain et la puissance de transport est par suite de 1800 voyageurs par heure dans chaque direction.

Enfin des ascenseurs au nombre de quatre à chaque pile évitent la fatigue de monter et descendre des escaliers. Ils élèvent les voitures au-dessus de la voie à une hauteur suffisante pour qu'elles acquièrent en arrivant à son niveau, au moyen d'une voie courbe, la vitesse normale de 10 mètres par seconde; un aiguillage automatique les fait entrer dans la circulation générale et le mouvement est entretenu par des jets d'eau lancés à toutes les piles, soit tous les 50 mètres environ, et reçus sur des aubes courbes disposées sous les voitures.

C'est le système bien connu du célèbre inventeur Girard et proposé par lui pour les chemin de fer ordinaires où il n'est pas applicable, tandis qu'ici il est pour ainsi dire indispensable.

Nous lui avons d'ailleurs apporté des perfectionnements importants ayant pour but de faciliter l'ouverture rapide des injecteurs et de diminuer beaucoup les pertes de travail dues aux tourbillonnements de l'eau.

Quand un voyageur veut descendre, il tire un cordon placé au plafond de la voiture ; il fait ainsi fermer l'aiguille de la première des voies mon-

tantes, qui, semblables aux voies descendantes dont nous avons parlé, sont, disposées en avant de chaque pile. La voiture s'élève alors en perdant peu à peu sa vitesse jusqu'à ce qu'elle arrive sur un palier où un frein l'arrête complètement.

Si le vent est assez fort pour l'empêcher d'y parvenir, ce qui arrivera très rarement, un arrêt la retient, et un crochet lié par une chaîne sans fin à un piston hydraulique, la saisit automatiquement et lui fait achever l'ascension de la rampe. En vertu des dispositions prises aucune voiture ne peut d'ailleurs s'engager sur cette voie tant qu'elle n'est pas complètement libre. Des dispositions spéciales garantissent contre tout danger pouvant provenir de la rencontre de la pointe de l'aiguille.

La voiture arrive ainsi au-dessus de l'ascenseur correspondant, elle descend au niveau du sol, le voyageur sort et elle parvient dans le sous-sol où elle s'engage sur une voie courbe d'où elle gagne l'ascenseur de la voie de départ, et remonte au niveau du sol. Elle est alors prête à recevoir un nouveau voyageur.

La difficulté était d'empêcher les rencontres des voitures et les accidents pouvant provenir du mauvais fonctionnement des aiguilles.

D'abord on évite toute rencontre des voitures descendantes avec celles qui circulent sur la voie normale au moyen d'un taquet d'arrêt placé en haut de la voie descendante, taquet qui ne s'efface que dans le cas où il n'y a pas de rencontre à craindre.

A cet effet un parallélogramme articulé de 40 mètres de longueur est placé un peu en avant de l'aiguille à la hauteur du rail.

Il est disposé de telle sorte que tant qu'une voiture est en contact avec lui, le taquet est levé et aucune voiture ne peut descendre.

Sa position est d'ailleurs calculée de façon que toute voiture descendante arrivant sur la voie normale se trouve à 20 mètres au moins de la voiture la plus proche. Cette distance ne peut diminuer que de 4 ou 5 mètres si le vent atteint une vitesse de 20 mètres par seconde, vitesse exceptionnelle à Paris.

Si le vent devient plus fort, une disposition spéciale empêche la descente.

En second lieu il était essentiel de régler la vitesse des voitures tant pour les maintenir à la distance réglementaire que pour assurer le bon fonctionnement des changements de voie.

A cet effet lorsqu'une voiture passe devant un injecteur, elle ne reçoit la totalité du jet que s'il n'y a pas de voiture à moins de 20 mètres en avant, car dans ce cas un registre vient fermer en partie l'orifice de l'injecteur, de façon à produire un retard suffisant pour rétablir la distance réglementaire de 20 mètres. Ce résultat est produit par un parallélogramme articulé de 20 mètres de longueur placé immédiatement après chaque pile.

D'un autre coté la vitesse est maintenue à peu près constante au moyen d'un pendule placé un peu en avant de chaque pile. Ce pendule, déplacé par les voitures ne revient à sa position primitive qu'après un temps déterminé. Plusieurs leviers sont disposés en travers de la voie à des distances

calculées du pendule. Ces leviers, habituellement abaissés, sont relevés un peu avant le passage des voitures et s'abaissent quand le pendule a repris sa position d'équilibre. On comprend dès lors qu'ils ne seront rencontrés que dans certaines conditions de ralentissement des voitures[1].

Ils font manœuvrer de très petits robinets qui disposent les injecteurs à fonctionner, de sorte que, selon les cas, il partira un, deux ou trois jets et que la pression de l'eau d'injection augmentera successivement de 2 à 6 atmosphères.

Le calcul montre qu'on peu ainsi maintenir la vitesse moyenne de 10 mètres malgré un vent contraire de 26 mètres, certainement exceptionnel à Paris.

Si la résistance devient plus grande une sonnerie électrique prévient tous les surveillants, qui arrêtent aussitôt la circulation sur une longueur de 1 ou 2 kilomètres, en faisant remonter toutes les voitures qui s'y trouvent.

Si la vitesse est trop grande il ne part aucun jet et il se produit un ralentissement qui peut même être trop sensible. On éviterait cet inconvénient en se bornant à faire fermer par un registre une partie seulement de l'orifice de l'injecteur; on comprend que l'on pourra ainsi graduer, autant qu'on le voudra, la force d'impulsion.

Un levier spécial, placé un peu en avant du pendule, fait fonctionner la sonnerie électrique et amène par suite l'arrêt dela circulation sur la section correspondante lorsque deux voitures se suivent à moins de 10 mètres de distance. Le calcul montre d'ailleurs que cela ne peut arriver que très rarement.

Le calcul montre également que la manœuvre des aiguille n'exigera pas de grands efforts et que la manœuvre des clapets des injecteurs se fera dans de bonnes conditions.

Les courbes pourront avoir des rayons très petits, car on peut diminuer la vitesse pour ainsi dire autant qu'on le veut en élevant suffisamment les voies.

Nous avons adopté un minimum de deux mètres qui facilitera considérablement le tracé. En raison des dispositions adoptées il n'y a pas à craindre que les voitures ne puissent gravir ces rampes. On pourrait toutefois, pour plus de sécurité, y établir comme aux voies montantes des arrêts et un piston hydraulique pour remonter celles qui seraient arrêtées.

Les rampes sont gravies par l'augmentation, soit du nombre soit de la pression des injecteurs. Dans les pentes, au contraire, on peut être amené à en diminuer le nombre ou à les supprimer complètement suivant les cas; l'écartement normal des voitures y est maintenu par des freins placés à

1. Tous ces leviers pourraient d'ailleurs, si cela était reconnu nécessaire, être munis de petits parallélogrammes articulés, de façon à atténuer, autant qu'on le voudra, les chocs dus à l'inertie des pièces à mettre en mouvement. Il sera peut-être suffisant de donner aux leviers une forme parabolique.

chaque pile qui retardent celles qui en suivent une autre à moins de 20 mètres.

Appareil de sûreté. — Il est destiné à recevoir et à déposer doucement à terre les voitures qui viendraient à dérailler aux changements de voie. A cet effet, une corde régnant le long de la voie sous la poutre de support vient s'appuyer sur la tige de suspension des voitures, elle passe à l'extrémité de deux bras inclinés et va s'attacher d'un côté à une des entretoises et de l'autre s'enroule sur un treuil muni d'un frein à contrepoids. Un crochet, faisant corps avec la tige de suspension, vient saisir la corde en cas de déraillement. Le poids de la voiture fait rabattre les bras ce qui empêche toute rencontre ultérieure, la corde se déroule, et la voiture s'arrête rapidement, en même temps qu'elle descend doucement à terre.

Une disposition spéciale empêche les aiguilles de fonctionner de nouveau tant que l'appareil n'est pas remis en place.

Si l'on pensait que, malgré toutes les précautions prises, il y aurait des difficultés à faire circuler à 20 mètres de distance des voitures animées d'une vitesse de 36 kilomètres à l'heure, il suffirait de faire observer que l'on peut augmenter cette distance et la porter à 30, 40, 50, 60 mètres et au delà.

Il est bien évident alors qu'il n'y aurait plus aucune difficulté.

Or on trouve que même dans le cas d'un écartement de 60 mètres, le système conserverait encore l'avantage de l'économie sur ceux qui ont été proposés.

Les voies à établir formeraient un total de 400 kilomètres environ.

Les principales relieraient Paris à Versailles, à Saint-Germain, à Saint-Denis, à Montmorency et à Sceaux. Elles nécessiteraient deux machines de 12,000 chevaux placées en dehors des fortifications à Bercy et au Point-du-Jour. Deux autres machines de 3000 à 4000 chevaux seraient établies à Courbevoie et à Saint-Denis.

Des conduites contenant de l'eau à 50 atmosphères seraient placées le long des fortifications et viendraient alimenter toutes les voies qu'elles rencontreraient ainsi à peu près au milieu de leur longueur.

Ces machines seront le plus souvent plus fortes qu'il n'est nécessaire.

On pourra néanmoins utiliser constamment toute leur puissance en les employant à alimenter les services hydrauliques de la ville de Paris et aussi à fournir de la force motrice aux diverses industries. Ce dernier emploi présente l'avantage de pouvoir utiliser pendant la semaine l'excédent de puissance nécessité par les transports des jours de fête pendant lesquels toutes les industries sont naturellement en chômage.

L'établissement de ces voies donnerait la vraie solution du problème si important du bon marché des loyers en permettant à une grande partie de la population d'aller se loger à la campagne et de venir chaque jour à ses occupations.

M. le Président remercie M. Revin de sa communication.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion, commencée dans la séance précédente, sur le transport de la force motrice par l'électricité?

M. Cabanellas pense qu'il est nécessaire de dire un mot du fait important intervenu depuis la dernière séance de la Société, il veut désigner ainsi la communication de M. Tresca à l'Académie des sciences, sur les expériences du chemin de fer du Nord. Ces expériences ont été mesurées d'une façon aussi exacte qu'il a été possible. Il en résulte que le rendement était à peu près d'un tiers, 32 pour 100. Ce résultat est en rapport avec celui des expériences moins bien chiffrées de Munich, puisque là, où la distance était de 57 kilomètres, on était arrivé à un rendement de 21 ou 15 pour 100[1]. Sous toutes réserves différentielles, les chiffres des expériences de Munich sont d'accord avec ceux des expériences du chemin de fer du Nord, où la distance était de 8 kilomètres et demi; l'importance du matériel paraît même comporter de plus importants résultats, surtout comme quotité du transport.

M. Cabanellas croit qu'il est intéressant de remarquer que, dans cette circonstance, on s'est servi, comme cela devait être, d'un dynamomètre de transmission, le dynamomètre du général Morin. Mais, comme l'a très bien fait observer M. Tresca, le passage de l'Énergie se mesure incomparablement mieux sous la forme d'électricité, que sous la forme calorique ou sous la forme mécanique. Donc, si, dans ces expériences, le dynamomètre mécanique a servi à contrôler les phénomènes électriques, c'est le fait d'une période de transition; plus tard, ce seront les appareils électriques qui serviront à contrôler les phénomènes mécaniques et à étalonner les dynamomètres mécaniques.

M. le Président demande à M. Cabanellas si les renseignements fournis par la communication de M. Tresca, confirment celles des déductions qu'il a exposées à la dernière séance et qui diffèrent des opinions des autres électriciens et s'il a trouvé, dans ces chiffres, la preuve de l'influence de la vitesse sur les résistances électriques dans les machines.

M. Cabanellas répond que cette influence s'y trouve sous forme de déficit. Le point sur lequel il tient à insister ici, c'est le déficit de travail. Cela résultait déjà des expériences officielles de M. Tresca, à l'Exposition, sur les machines à lumière. Ce déficit de travail, d'origine électrique, qui était, pour ainsi dire, insensible, lorsque les machines étaient à fil gros, tellement insensible que M. Tresca aurait trouvé des travaux électriques totaux et des travaux mécaniques n'ayant des différences que de 2 à 3 pour 100, — par conséquent, presque l'identité, — ce déficit de travail augmentait, au contraire, notablement, lorsqu'on avait affaire à des résistances plus grandes de machines, à celles, par exemple, qui alimentaient 40 lampes Brush; on voyait, dans ce dernier cas, le déficit aller jusqu'au tiers du travail dépensé mécaniquement. Il était accusé dans les expériences de Munich,

1. Suivant ce dont on tenait compte.

même celles du comité, il l'est également par les nouvelles expériences, puisqu'on trouve un cheval de déficit, à peu près, sur la machine génératrice, et à peu près un demi-cheval de déficit ou un tiers, selon l'expérience, sur la machine réceptrice ; par conséquent, ce déficit est tout à fait corroboré par les expériences du Nord. Peu importe le nom qu'on voudra donner à ce déficit, ou à la manière de le compter, au fond, ce n'est là qu'une question de mot ; mais le fait, l'important au point de vue industriel, c'est qu'il existe un déficit de travail d'origine électrique inhérent à la constitution induite des machines à collecteur, déficit qui, avec les machines à fil fin, n'est malheureusement pas négligeable [1].

M. Tresca ne voudrait pas qu'après avoir eu la bonne fortune de faire, au chemin de fer du Nord, sur les appareils de M. Marcel Deprez, un certain nombre de déterminations qui posent nettement l'état actuel de la question, on cherchât autre chose que la constatation d'un fait, et c'est purement et simplement au point de vue du fait qu'il demande à présenter à la Société des Ingénieurs civils quelques réflexions.

Les expériences ont présenté un immense intérêt et surtout par un côté imprévu.

M. Tresca a voulu se borner à déterminer des chiffres. Ces chiffres ont été bien déterminés ; ils sont exacts, et posent pour la première fois, la question expérimentale avec tous ses éléments.

Dans les premières expériences, on a dépensé à peu près 6 chevaux, pour en recueillir 2 ; dans les dernières expériences, on a dépensé 10 chevaux, pour recueillir 3 à 4 chevaux. Le rendement se trouve donc être à peu près de 32 pour 100.

M. Tresca estime qu'en faisant le compte des diverses déperditions tout le monde acquerra cette opinion que, les progrès de l'avenir sont limités dans une certaine zone ; la première fois qu'un fait est bien constaté, il constitue un point de départ autour duquel graviteront les divers phénomènes successifs qui permettront d'arriver, non pas du premier coup, mais progressivement aux résultats industriels. C'est là ce qu'il considère comme intéressant. Jusqu'à présent, on a constaté ce résultat : 3 chevaux 68 envoyés à 8 kilomètres et demi. Mais, ce qui est d'ores et déjà reconnu, ne doit pas plus être séparé de cette autre question dont on s'occupe trop peu : pourra-t-on obtenir de grandes forces, ou sera-t-on limité à 2 ou 3 chevaux ? Le problème ne sera vraiment pratique, que lorsqu'on pourra envoyer de grandes forces, et le problème, sous ce rapport, est ouvert. On peut se faire une idée de la dépense qu'entraînerait le transport d'une quantité de travail plus considérable ; mais, en laissant de côté ces questions d'appréciation d'avenir, et rentrant dans

1. M. Cabanellas croit légitime de rappeler que ce déficit, maintenant officiellement constaté, a été signalé et prouvé d'abord par lui, dans une communication, à l'Académie des sciences, insérée aux comptes rendus n° 23 du 7 juin 1880, il donnait dès cette époque le moyen de le mesurer sous la forme $i^2 \Delta r$. *Mesure de la résistance intérieure des machines en mouvement*. Voir aussi les comptes rendus du 9 juin 1882, *Mesure de la résistance intérieure et de la force électromotrice des machines en marche*.

l'ordre d'idées indiqué par M. Cabanellas, il faut insister sur les détails les plus nouveaux de cette expérience. Jamais on n'avait pu, dans une machine, après avoir envoyé à son premier organe une quantité de travail, après avoir mesuré la quantité de travail transmis, et déterminé la valeur du rendement, jamais on n'avait pu apprécier la quantité de travail envoyé du premier organe au second, du second au troisième, du troisième au quatrième, et ainsi de suite; et il est extraordinaire que, dans les expériences dont il est question, ce problème soit précisément résolu. En supposant qu'on dépense 10 chevaux au dynamomètre; ces 10 chevaux sont envoyés à la génératrice; mais il y a une transmission mécanique qui représente une certaine quantité de travail perdu, on n'a qu'à en tenir compte et on sait quel est le travail mécanique transmis. Donc, 8 chevaux arrivent à la génératrice. Ces 8 chevaux, peuvent ensuite être suivis pas à pas, et on voit comment les chutes de travail vont s'éparpiller tout le long de la route, et quels sont les points précis où disparaissent certaines qualités de travail auxquelles les connaissances théoriques ne sont pas encore applicables et sur lesquelles on n'a pas le droit de formuler des conclusions.

On peut, par les mesures électriques faites au sortir de la génératrice, savoir exactement la quantité de travail transmis à la ligne.

On a, par exemple, 10 chevaux; on transmet à la ligne 7 chevaux; il y a 3 chevaux de déficit; que sont-ils devenus?

Quand une machine est au repos, par suite de sa résistance, elle donne lieu à une transformation de l'électricité en chaleur; il y a là une perte dont il faut tenir compte.

En admettant une force de 8 chevaux, on n'a plus que 6 chevaux à la génératrice; en supposant que la quantité de chaleur qui a dû être produite par la résistance du courant électrique à traverser la machine génératrice représente un cheval, il y a une autre chute d'un cheval, qui vient probablement de ce que la résistance de la machine génératrice n'est peut-être pas la même lorsqu'elle est en charge ou lorsqu'elle fonctionne à circuit ouvert. Il y a aussi une certaine quantité de travail dépensé par les étincelles et une certaine quantité d'électricité qui échappe aux balais. Il y a là, au moment de la transformation à la génératrice, une perte que l'on ne peut expliquer qu'en bloc, par des considérations de la nature de celles qui viennent d'être indiquées. En sortant de la génératrice, on a, par exemple, un courant de 7 chevaux qui se mesure avec une précision plus grande qu'à l'aide d'un dynamomètre. Ce courant passe dans la ligne, il arrive à la réceptrice. La même expérience, c'est-à-dire la détermination de l'intensité du courant, la détermination de sa tension, permet de savoir combien de travail arrive à la réceptrice. Là, on trouve ainsi que la ligne a dépensé 1 cheval et demi, par exemple; aux expériences du chemin de fer du Nord, et il y a cela de particulier, que ce cheval et demi est la représentation de la quantité de chaleur produite par la résistance. Par conséquent, chute de travail avant d'arriver à la génératrice; chute de travail causée par la production de chaleur dans la génératrice; chute de travail encore que l'on ne

peut pas expliquer d'une manière suffisante à la génératrice; perte de travail dans le circuit, représentée par la résistance et convertie en chaleur; on arrive à la réceptrice : il y entre 6 chevaux et il en sort 3. Que deviennent les 3 autres? Une portion de cette quantité a été dépensée en chaleur, sous forme de résistance; celle-là, on peut la calculer; en supposant que la résistance n'a pas augmenté, suivant que la machine marche à circuit fermé ou à circuit ouvert, mais il y a là une appréciation assez exacte : c'est un demi-cheval dépensé, dans la réceptrice, au point de vue de la transformation de l'énergie en chaleur. Mais, en admettant que ce demi-cheval se transforme en chaleur, il y a encore une perte qui représente le travail des extracourants qui ont pu se former, la perte d'énergie par les étincelles, la non-capacité, dans une certaine mesure, des balais pour recevoir ce qui est fourni; en un mot, il y a une autre source de perte de travail dans la réceptrice, qui est analogue à la source de perte de travail dans la génératrice.

Au point de vue mécanique, cette expérience est très intéressante, puisqu'elle permet de dire : tant de travail à l'entrée, tant de travail dépensé par la génératrice; tant de travail dépensé en chaleur; tant de travail dépensé par des causes diverses; tant de travail dépensé par la ligne; tant de travail dépensé sur la réceptrice; tant de travail dépensé par différentes causes; voilà ce qui reste.

Dans le tableau publié le 11 février par M. Tresca et dans son travail du 18 février, qui doit être inséré aux comptes rendus de l'*Académie des Sciences*, il insiste sur ce fait, qu'il n'y a pas d'exemple d'expériences mécaniques où l'on puisse ainsi mesurer la perte de travail en passant d'un organe à un autre.

Il y a deux conséquences à tirer de ce fait : la première, c'est que les phénomènes électriques peuvent être étudiés en eux-mêmes avec plus de précision qu'avec les appareils mécaniques; et, seconde conclusion, c'est que, comme il y a accord entre la puissance mécanique et la puissance électrique, on est arrivé à une parfaite concordance entre les unités électriques et les unités mécaniques. Voilà deux points importants.

Sans vouloir aborder la théorie du problème de la transmission du travail à distance, M. Tresca fait remarquer que, dans ces 10 chevaux, il y en a eu 2 perdus d'une manière adventive; il y a donc là un *caput mortuum* qui doit entrer en ligne de compte dans la théorie, et toutes les théories qui n'en tiennent pas compte peuvent être rejetées, au point de vue actuel, et ne répondent pas au côté pratique de la question.

M. Tresca tient à se renfermer dans le rôle qui lui a été donné, au chemin de fer du Nord, de faire de simples constatations dont il prend toute la responsabilité, et sur lesquelles il déclare que l'on peut raisonner à coup sûr. Il y a quinze jours, malgré ce qui a été dit sur les expériences faites précédemment, on n'avait pas la certitude d'un coefficient de rendement, quel qu'il soit; aujourd'hui, il existe. Il en résultera aussi que, désor-

mais, on n'osera pas parler du transport du travail électrique, sans entrer dans les considérations indiquées plus haut, et, pour avoir quelque certitude dans les données, il faudra que l'expérimentateur vienne dire : nous avons dépensé tant de travail à tel ou tel point ; il faudra qu'on puisse faire le détail du déficit du travail dépensé. Les indications de l'avenir seront plus précises que celles du passé ; on arrivera à voir clair dans les éléments de la question et à se rendre compte des résultats obtenus.

M. le Président constate qu'il n'avait pas tort de dire, dans la dernière séance, que les expériences du chemin de fer du Nord nous donneraient des données certaines. Nous avons eu de M. Tresca un tableau complet de l'état de la question.

Il ajoute qu'on lui a reproché d'avoir, dans son discours d'installation, émis l'opinion que le rendement pratique paraissait devoir être de 30 pour 100, et surtout d'avoir condamné le transport de la force électrique, en énonçant ce faible rendement de 30 pour 100. Ce résultat n'était pas, on vient de l'entendre, éloigné des chiffres constatés par M. Tresca. Mais, dire que le rendement est de 30 pour 100, n'est pas condamner le transport de la force par l'électricité. Ce qu'il importe pour des ingénieurs, c'est de savoir sur quoi on peut compter. Dans beaucoup de circonstances, on sera très heureux de pouvoir transporter à distance une force qu'il serait impossible de produire sur place, et d'avoir un rendement de 30 ou même de 20 pour 100. Ce n'est donc pas condamner le procédé, qu'énoncer un rendement aussi faible. Si les applications qu'on promet depuis longtemps, c'est-à-dire l'utilisation des forces des chutes d'eau, du vent, des marées, se réalisent, qu'on obtienne 10 ou 20 pour 100 de rendement sans autre dépense que les frais nécessaires à l'installation des appareils, et que ces frais ne soient pas trop élevés, on se préoccupera peu du coefficient de rendement.

M. le Président demande à M. Tresca s'il est exact que, au chemin de fer du Nord, la machine génératrice avec laquelle on a pu transporter 10 chevaux, est une machine qui pourrait en produire 50.

N'est-ce pas une des formes de l'influence de la distance, que de nécessiter une machine capable d'engendrer une force plus grande que celle qu'on veut transporter. On a transmis 10 chevaux et recueilli 3 chevaux ; si, avec le même fil, on avait été à 30 kilomètres, aurait-on pu produire 10 chevaux à la machine génératrice?

M. Tresca sans pouvoir indiquer la force maxima de la génératrice dit que les circonstances étaient peu favorables. On a marché, à la génératrice, à deux mille et quelques cents volts, mais l'intensité était faible ; elle n'a pas dépassé 2 ampères 7 ou 8, et cela pourrait être dépassé. Mais, entre le fait qui a permis de transmettre 3 chevaux 68 au maximum, et la possibilité d'envoyer par le même mécanisme 50 chevaux, la distance lui paraît assez grande pour qu'il n'hésite pas à douter qu'il soit possible de faire ce transport par le même canal. Du reste, l'expérience n'est pas terminée, on entre dans une série d'essais, dans lesquels on fera varier les éléments de

transport ; mais M. Tresca est convaincu qu'avec la génératrice qui est là, et surtout avec la réceptrice, qui ne lui paraît pas présenter à beaucoup près les mêmes avantages que la génératrice, il est convaincu qu'on n'arrivera pas à transmettre une quantité de travail très notablement différente de celle qui a été trouvée, à moins de changer la nature du circuit. Somme toute, d'une manière générale, voici le résultat : 0,70 de rendement de la génératrice par rapport au travail moteur ; 0,70 de rendement de la machine réceptrice par rapport au travail transmis par la ligne, soit un rendement total 0,49. Si donc, il n'y avait pas de ligne interposée, on pourrait estimer un maximum de 49 pour 100 ; mais les conditions de la transmission seraient tout à fait changées. Il est difficile de rien prévoir à cet égard. Cependant, on voit que les chiffres indiqués d'abord étaient plus élevés que ceux-là ; par conséquent, il faut rester dans une grande réserve au point de vue de la possibilité d'une augmentation considérable dans la quantité de travail transporté, avec l'installation telle qu'elle est établie aujourd'hui.

M. le Président voudrait savoir si l'on modifiera le conducteur, dans les autres expériences, car, on s'étonne de cette persistance à prendre pour conducteur un fil télégraphique en fer, quand on pourrait employer des fils de cuivre moins résistants ; en modifiant le conducteur on ferait varier un des trois éléments.

M. Tresca pense que cela est difficile, ces expériences sont très coûteuses, et on ne peut pas les disposer comme on voudrait. S'il faut faire une autre machine réceptrice et une autre génératrice; s'il faut ensuite faire une autre machine réceptrice pour une quantité de travail plus grand, c'est une affaire de longue haleine, sur laquelle il désire ne devoir exprimer aucune opinion.

M. Chrétien demande à faire remarquer qu'il ne faut pas conclure de ce qui vient d'être dit, qu'on n'obtiendra régulièrement que 32 ou 33 pour 100 de rendement. Que les faits se soient passés ainsi au chemin de fer du Nord, c'est incontestable, puisque M. Tresca l'affirme d'une manière tellement nette, qu'on ne peut point avoir de doute à cet égard. Mais il faut remarquer que jamais une expérience n'est semblable à une autre; chaque fois qu'on expérimente des transports de forces dans des conditions différentes, soit comme conducteur, soit comme machine réceptrice, soit comme machine génératrice.

M. Chrétien a vu des résultats différents : les uns, de 10 pour 100; d'autres, de 60 pour 100, et même davantage.

Que faut-il en conclure ? C'est que, quand on sera installé dans de bonnes conditions, on obtiendra un bon rendement, et que, quand on sera installé dans de mauvaises conditions, on obtiendra beaucoup moins. Sans savoir si les expériences du chemin de fer du Nord se font dans de bonnes ou de mauvaises conditions, on peut se demander s'il est bien nécessaire de s'en tenir obstinément au fil télégraphique ? Pour obtenir des résultats satisfai-

sants, en règle générale, il faudrait faire varier la résistance de la ligne en même temps qu'on fait varier la résistance des machines et la quantité de travail transporté. En prenant pour exemple la construction des machines : une machine qui fait 4 chevaux et en transporte 2, pèse environ 90 kilogrammes ; une machine qui fait 100 chevaux pèse plus de 3,000 kilogrammes. Il est évident qu'on ne peut pas faire avec une machine qui pèse moins de 100 kilogrammes un travail plus considérable qu'avec une machine qui pèse 3,000. Donc, chaque fois qu'on sera dans de bonnes conditions, on obtiendra un grand rendement; ce qui ne veut pas toujours dire qu'en se mettant dans de bonnes conditions, on est dans des conditions économiques.

Autre exemple : M. Chrétien a cité, à la dernière séance, un travail exécuté par une machine électrique qu'il avait installée dans une usine et actionnant à 350 mètres de distance une grue destinée à décharger des bateaux. C'était une distance suffisante pour motiver l'intervention de l'électricité. On n'a jamais demandé le rendement obtenu qui n'était, dans ce cas, que l'un des plus petits facteurs du problème à résoudre. On ne fait pas le procès des machines à vapeur qui ne rendent que 10 pour 100 du travail correspondant en charbon consommé. Il y a des cas où il faut tenir compte du rendement, mais, dans l'industrie, on n'en tient compte que fort peu assez souvent.

M. Tresca ne croit pas que la question soit aussi avancée que le dit M. Chrétien.

A-t-il été fait une seule expérience dans laquelle on ait trouvé un rendement de 60 pour 100?

M. Chrétien affirme qu'il y en a eu beaucoup.

M. Tresca, à l'Exposition de 1878, s'est adressé à tous les constructeurs, M. Chrétien compris, et il leur a dit : je désire avoir le plus grand rendement possible. Les constructeurs ne lui ont donné aucun chiffre ni le moyen de mesurer quoi que ce soit. La seule expérience qu'il a pu faire est celle du chemin de fer du Nord.

M. Tresca a fait faire des expériences de la machine de M. Heilmann Ducommun et a trouvé des résultats du même ordre que ceux indiqués.

Des expériences faites en ce moment dans les ateliers récemment montés avec des machines perfectionnées donnent encore des résultats qui ne différeront pas beaucoup de ceux-là tout en étant moins favorables; par conséquent, se mettant à la disposition des constructeurs pour constater ces résultats et les publier, M. Tresca s'étonne que, jusqu'à ce moment, il n'ait rien pu obtenir et, jusqu'à ce que M. Chrétien lui mette en mains une installation permettant de constater le rendement effectif annoncé, il est obligé de s'en remettre aux faits dynamométriquement réalisées.

M. Chrétien répond qu'il n'est pas constructeur de machines électriques. Il est une société qui pourrait faire ce que demande M. Tresca ; mais, sans avoir mission de parler en son nom, M. Chrétien croit savoir qu'elle

ne veut faire faire des expériences que dans de bonnes conditions, surtout avec le concours de M. Tresca, parce que ses expériences ont une grande valeur et qu'elle ne trouve pas que ses machines soient aussi parfaites qu'elles le seront très prochainement. En ce qui le concerne, M. Chrétien prend la responsabilité des expériences qu'il a faites et qui ont rendu 60 pour 100 avec une résistance relativement faible.

M. le Président fait remarquer que ces chiffres de 60 pour 100 auraient été réalisés parce qu'on était dans de bonnes conditions et il exprime le désir qu'on détermine quelles sont ces bonnes conditions, en quoi les expériences, qui ont donné 60 pour 100 de rendement, diffèrent de celles qui n'ont donné qu'un rendement de 30 pour 100. Ce qu'il faut définir, ce sont les circonstances qui expliquent la différence des rendements de 60 et 30 pour 100.

M. Sévérac demande à M. Tresca s'il a constaté la déperdition sur une longueur de ligne plus grande ou plus petite que celle des expériences du chemin de fer du Nord.

M. Tresca répond que tous les essais ont été faits sur une distance de 8 kilomètres et demi ou une distance équivalente et que la ligne a consommé le tiers du travail conduit par le courant, le résultat final étant le résultat du produit des trois coefficients de rendement, ce qui fait à peu près 0,343. Quant à la ligne seule, à une distance moins grande, elle pourrait donner un rendement de la ligne inversement proportionnel à sa longueur.

M. Cabanellas demande à introduire une réserve dans un sens favorable à l'avenir du transport par l'électricité ; il a déjà appelé l'attention sur ce point au congrès des électriciens. Le *caput mortuum*, le déficit de travail d'origine électrique n'est pas relativement le même quand il s'agit de machines à fils fins ou de machines à gros fils, à puissance égale de machine. Cela ressort, par exemple, des expériences de M. Tresca à l'Exposition. Il est certain que les machines à fils gros, à la distance qui leur convient, réaliseront un transport avec un meilleur rendement. Un transport étant considéré dans ces conditions-là, si l'on double le matériel, on transportera une puissance double à une distance double, et ainsi de suite ; il y a certainement une limite, celle où les lois de Ohm ne seraient plus applicables, mais on peut aller jusqu'à une considérable multiplication. S'il n'est pas possible de s'affranchir complètement de la distance, en considérant une distance déterminée, il est possible de s'en affranchir dans la mesure qui consiste à conserver le même rendement en multipliant dans le même rapport la quotité de la distance, du transport et du matériel.

Cette remarque a une grande importance au point de vue de l'avenir des transports de la force à distance; le déficit n'est pas le même que les machines soient à fils fins ou à fils gros; les machines à fils gros sont plus avantageuses; or, le transport *industriel* comportera d'importants transports, ou cette industrie n'existera pas. Le fil télégraphique, au point de vue industriel, n'a pas non plus de raison d'être. Au point de vue indus-

triel, il faudra une grande force électromotrice d'émission et une grande intensité de circulation, c'est la seule façon de transporter de grandes puissances ; par conséquent, les grandes puissances à transporter comporteront des machines à gros fils, tant génératrices que réceptrices, reliées par une canalisation à gros fil, et, dans ces conditions-là, la quotité étant suffisamment considérable, les grands rendements pourront être atteints à grande distance. Il est bien entendu que la multiplication de matériel, proportionnelle à la quotité transportée, peut être demandée à de grosses machines avec les avantages qu'elles peuvent comporter[1].

M. Fichet demande à M. Tresca si dans les expériences du chemin de fer du Nord la perte par la ligne vient uniquement de ce que le fil s'est échauffé et a transmis cette chaleur à l'air ambiant, ou bien s'il n'y a pas lieu de dire que cette perte est due, au moins en partie, à la tension du courant, qui rend difficile l'isolement complet du conducteur. M. Cabanellas vient de dire que pour transmettre une grande force à grande distance, il faut une forte tension et une grande intensité, dans ce cas-là, on échauffera beaucoup le fil. Comment pourra-t-on faire la part de ces deux causes de perte? Faut-il considérer la chaleur comme cédée à l'air ambiant, et considérer seulement l'échauffement du fil ou bien ne faut-il pas aussi tenir compte de la difficulté de l'isolement des conducteurs parcourus par un courant à grande tension?

M. Tresca, fidèle au point de vue auquel il a voulu se placer, se refuse complètement à faire une discussion pour l'avenir et à répondre à toutes les questions qui lui sont posées. Il répond seulement à une question de fait. Lorsqu'un courant d'une intensité et d'une force électro-motrice donnés passe dans un fil, ce fil s'échauffe, et au point de vue des équivalents, la quantité de travail transformée en chaleur se trouve déterminée en formules précises, exprimées en kilogrammètres, et le nombre de kilogrammètres est représenté par son équivalent en chaleur, qui se trouve parfaitement déterminé. Sur ce point-là, les expériences faites confirmeraient les lois établies, si ces lois avaient besoin d'être confirmées.

La circulation d'un courant dans un circuit, détermine, dans ce circuit, aux dépens de l'énergie, une certaine quantité de chaleur, qu'on peut déterminer.

M. Fichet demande si cette quantité de chaleur représente intégralement la perte du circuit; s'il y a concordance entre la chaleur perdue et la résistance du circuit, enfin, si l'on peut conclure de l'expérience que l'isolement du circuit était parfait?

1. Pour éviter tout mal entendu, il n'est pas inutile de faire remarquer qu'il y a deux questions distinctes : 1° l'*industrie du transport*, dont nous venons de parler ; 2° l'ensemble de tous les cas particuliers des transports, restreints comme quotité et comme distance, qu'il faudrait mieux ranger sous l'appellation commune de *transmissions* électriques, parce que l'électricité ne fait alors que prendre la place des autres modes de transmission qui dans nombre de circonstances pourraient être également applicables.

M. Tresca croit pouvoir répondre à cette question. Les expériences du chemin de fer du Nord présentaient un assez grave inconvénient : le fil de ligne des machines partait des ateliers du Nord et s'en allait au Bourget, puis, il revenait, avec une boucle, au chemin de fer du Nord. Ce fil avait 17 kilomètres de longueur et aboutissait à l'un des pôles des deux machines ; les autres pôles étaient mis en relation par un fil de faible longueur. On peut dire ceci : en supposant que la communication qui passait au Bourget fût tellement mauvaise, qu'il se soit échappé de l'électricité en route, le rendement se serait trouvé d'autant meilleur que l'isolement du circuit aurait été plus défectueux; par conséquent, ceci porte juste, attendu que ce serait absolument la même chose que si le circuit avait été raccourci. Mais M. Tresca croit que les expériences du chemin de fer du Nord échappent à cette objection, et voici pourquoi : on a pu déterminer la quantité d'électricité dans le fil au départ, et on a pu mesurer la quantité d'électricité fournie à la réceptrice; par conséquent, par différence au point de vue des quantités mesurées, on a la valeur de l'énergie transformée dans le circuit. Voilà un premier mode d'évaluation. Il y en a un second.

La résistance de la ligne a été déterminée *à priori ;* elle représente une certaine quantité de travail. Cette résistance est-elle la même, *à priori,* que celle mesurée par différence ? Voilà la question. Il est certain que si on avait trouvé, perdue par la ligne, une quantité moindre que celle indiquée par le calcul, on aurait eu une preuve manifeste que la ligne n'avait pas servi dans toute son étendue. Mais, en fait, les deux évaluations, dans les deux séries d'expériences, ont toujours concordé, d'où l'on peut conclure que la ligne a été tout entière effective, et qu'il s'agit bien d'un transport sur un fil de 17 kilomètres de longueur, équivalent à deux fils de 8 kilomètres et demi, placé entre les machines.

M. Fichet constate qu'il est très intéressant, au point de vue de l'avenir, de savoir qu'on peut aussi bien isoler un grand circuit qu'un petit.

M. Cabanellas trouve un grand avantage à ce que les deux appareils, le générateur et le récepteur soient placés comme au chemin de fer du Nord sous les yeux des mêmes observateurs. Mais, on pourrait mettre quatre fils : deux fils aboutissant à chacune des deux machines, et réunis à une distance de 4,250 mètres. On aurait encore l'avantage d'avoir les deux appareils sous les yeux des mêmes observateurs et le défaut signalé serait évité.

M. Cabanellas ajoute : la question d'échauffement n'a rien à faire au dispositif qu'il indiquait pour le transport à grande distance ; puisque, dans cette donnée, l'échauffement est le même par unité de longueur et de section ; en d'autres termes, nous n'avons pas changé la puissance spécifique de transport de l'unité de poids de canal.

M. Fichet voudrait encore demander à M. Tresca s'il pense qu'on aurait obtenu un résultat semblable en réunissant les deux pôles voisins par la terre au lieu d'employer un fil court. Dans le cas où les deux machines

seraient placées l'une au Bourget l'autre à Paris, c'est-à-dire éloignées de 8 kilomètres, faudrait-il faire usage de 2 conducteurs parallèles ou pourrait-on employer un seul conducteur avec un fil de terre à chaque machine. Le résultat serait-il le même dans les deux cas ?

M. Tresca ne pouvant pas répondre à une question qui n'est pas résolue en fait, se refuse complètement à entrer dans les appréciations. Il croit qu'il n'y aurait pas grande différence, mais il préfère s'abstenir.

M. le Président, avant de clore momentanément la discussion, forme le vœu qu'une autre série d'expériences et une autre série de chiffres permette de la reprendre bientôt.

MM. Bariquand, Fabry, Delforge, Hamet, Lasson, Leroux, Loth, Lombard, Pagniez, Pierron, Poulot, Pehr de Rehausen, Letestu et Umbach ont été reçus membres sociétaires, et M. de Sailly membre associé.

La séance est levée à dix heures et demie.

A titre de renseignements nous reproduisons *in extenso* les deux mémoires communiqués par M. Tresca à l'Académie des sciences.

Résultats des expériences faites dans les ateliers du chemin de fer du Nord, sur le transport électrique du travail à grande distance de M. Deprez. (Extrait des comptes rendus de l'*Académie des sciences* du 19 février 1882.)

« Depuis les expériences de MM. Chrétien et Félix à Sermaize, dont j'ai rendu compte à l'Académie dans sa séance du 26 mai 1879, et même depuis celles de MM. Fontaine et Breguet à l'Exposition de Vienne, en 1873, je me suis efforcé de trouver une installation à l'aide de laquelle il me fût possible de déterminer toutes les données électriques et mécaniques de la transmission du travail par l'intermédiaire des machines dynamo-électriques.

« Les conditions diverses de ces premiers essais étaient bien éloignées de celles dont il est, depuis quelque temps, question dans les séances de l'Académie, et M. Marcel Deprez étant venu nous demander de vouloir bien nous charger de faire nous-même les constatations nécessaires, nous avons, avec empressement, consenti à nous en charger, ce qui nous permet de présenter, dès aujourd'hui, à l'Académie le procès-verbal très complet des essais qui ont eu lieu le 11 de ce mois et dont tous les éléments, en concordance très satisfaisante, ne laissent place à aucune incertitude. Nous en pouvons prendre la complète responsabilité.

« Le fil télégraphique de $0^m,004$ de diamètre par lequel la transmission était faite présentait une résistance de 160 ohms, il avait, de Paris au Bourget et retour, une longueur totale de 17,000 mètres, mais les machines étaient en outre réunies entre leurs autres pôles par un fil court ; les conditions dans lesquelles on a opéré, abstraction faite des effets de dérivation, correspondent sensiblement au cas dans lequel les deux machines auraient été placées, l'une par rapport à l'autre, à une distance de 8,500 mètres seulement et reliées par un double fil d'aller et retour.

« La machine génératrice, par la forme de ses armatures, était d'un système particulier, à double bobine et à fil de 1 millimètre de diamètre, qui appartient à M. Deprez; la réceptrice était une grande machine Gramme, type de la Guerre, modifiée pour l'objet auquel elle devait être employée. Les résistances de ces deux machines étaient respectivement 56 et 83 ohms.

« Dans chaque expérience on a déterminé simultanément le nombre de leurs révolutions par minute, au moyen de compteurs spéciaux.

« Toutes les mesures électriques ont été faites par M. le Dr J. Hopkinson, de la Société royale de Londres, avec la série des appareils de sir William Thomson; elles ont d'ailleurs concordé très exactement avec les indications consignées les jours précédents par M. Deprez, sur son carnet d'expériences, avec l'emploi de ses propres instruments.

« Les mesures de la différence de potentiel entre les deux pôles de chacune des machines dynamo-électriques ont été prises avec un galvanomètre de Thomson, en employant une résistance supplémentaire de 50,000 ohms.

« Les mesures du courant ont été effectuées au moyen d'un autre galvanomètre de Thomson, dans lequel le courant tout entier était introduit.

« Les aimants de ces deux instruments, après avoir été vérifiés à Londres, le 9 février, ont été examinés de nouveau le 13, à leur retour de Paris, et il a été constaté qu'ils n'avaient subi aucune modification ; chaque division du galvanomètre destiné au potentiel correspondant à $50^{volts},5$, et chaque division du galvanomètre de courant à $0^{amp},223$.

« Le dynamomètre de rotation à styles de M. le général Morin, prêté pour la circonstance par le Conservatoire des arts et métiers, et destiné à mesurer le travail moteur, était relié à la machine génératrice par un arbre intermédiaire, et les quatre poulies qui formaient la transmission conduisaient, en tenant compte de la demi-épaisseur des courroies, à $\frac{0,835}{0,525} \times \frac{1,405}{0,345} = 6,48$.

« Les expériences ont été faites dans des conditions telles que le rapport observé entre les nombres de tours a été réellement $\frac{60,6}{95,6} = 6,65$, ce qui suffit pour établir qu'il n'y a eu aucun glissement anormal, dont il faille tenir compte, dans l'installation de la transmission.

« Le travail moteur a été mesuré par des diagrammes dans lesquels chaque millimètre d'ordonnée représentait un effort de $8^{kg},80$, le chemin parcouru par tour étant $\pi \times 0,835 = 2^{m},623$.

« Le travail disponible sur l'arbre de la réceptrice a été constamment mesuré par un frein de Prony, parfaitement équilibré, dont le bras de levier avait horizontalement une longueur $L = 0^{m}796$, correspondant à un parcours de 5 mètres par tour. Ce levier ayant été constamment soumis à une charge de 5 kilogrammes, le travail a été calculé à raison de 25 kilogrammes par tour.

« Sept expériences ont été faites successivement dans les conditions qui viennent d'être indiquées; un seul diagramme, celui de la dernière expérience, nous a fait défaut et l'on a en outre, dans une huitième détermination dynamométrique, évalué le travail consommé par la transmission mécanique, comprise entre le dynamomètre et la machine génératrice. La vitesse était alors plus grande que dans le cours des autres expériences, mais nous en déduirons seulement le travail consommé par tour, de manière à pouvoir immédiatement en calculer l'influence pour chacune des expériences précédentes.

« Le tableau suivant renferme toutes les données recueillies, ainsi que leurs moyennes :

Tableau des données numériques de toutes les expériences.

Numéros des diagrammes	Dynamomètre: Ordonnée moyenne des diagrammes	Dynamomètre: Tours par minute	Dynamomètre: Travail en kilogrammètr.	Dynamomètre: Travail moteur en chevaux	Courant: Intensité du courant en ampères	Génératrice: Force électrométrique en volts	Génératrice: Nombre de tours en minutes	Génératrice: Travail électrique en chevaux	Réceptrice: Force électrométrique en volts	Réceptrice: Nombre de tours en minutes	Réceptrice: Travail électrique en chevaux	Frein: Travail au frein en chevaux[1]
I..........	mm 12,87	t 101	500,07	6,66	2,523	1447	633	4,89	1037	418	3,50	2,32
II.........	12,84	98	484,09	6,45	2,594	1324	596	4,61	936	369	3,26	2,05
III.........	13,49	97	503,39	6,71	2,531	1237	608	4,19	887	384	3,01	2,43
IV.........	12,48	92	441,70	5,89	2,564	1247	571	4,29	869	345	2,99	1,92
V..........	13,01	87	435,43	5,80	2,564	1212	533	4,17	814	315	2,80	1,75
VI.........	12,52	90	433,48	5,78	2,576	1276	580	4,41	908	363	3,14	2,01
Totaux.....	77,21	565	2798,16	37,29	15,352	7743	3541	26,56	5451	2194	18,70	12,18
Moyennes..	12,87	94,2	466,36	6,21	2,559	1290,5	590,2	4,42	908,5	365,8	3,12	2,03
VII........	*x*	104	*x*	*x*	2,645	1533	699	5,47	1146	502	4,09	2,75
VIII........	0,78	112	33,06	0,45	et pour chaque tour par minute $0^{kgm},3$.							

1. Les vitesses correspondantes sont celles l'arbre de la directrice.

« Le travail mécanique a été évalué en chevaux, à raison de 75 kilogrammètres par seconde ; mais nous devons faire remarquer que les travaux électriques ont été déduits, par M. Hopkinson, des mesures directes faites au galvanomètre, en estimant le cheval à 76 kilogrammètres. Malgré la légère incorrection qui en résulte, il nous a paru plus convenable de conserver les chiffres accusés par l'observateur anglais.

« En ne considérant d'abord que le résultat moyen des six premières expériences qui sont seules complètes, nous voyons que l'on a transmis $2^{chx},03$ pour une dépense de $6^{chx},21$ sur l'arbre du dynamomètre, ce qui correspond à un rendement de $0^{ch},327$. Et cette conclusion se trouve surabondamment corroborée par l'examen comparatif des chiffres successifs de chacune des colonnes.

« Pour la vitesse moyenne de $94^{t},2$ par minute au dynamomètre, le travail de la transmission mécanique, y compris la rotation à vide de la génératrice, s'élèverait à $0,3 \times 94,2 = 28^{kgm},26$ ou à $0^{ch},377$, et le chiffre précédent du rendement se trouverait ainsi porté à $2,01 : (6,21 - 0,34) = 0,35$; mais nous attachons, en réalité, peu d'importance à cette correction, qui est minime, par l'impossibilité dans laquelle on se trouvera presque toujours, dans les applications, de supprimer ce travail supplémentaire, qui comprendrait tout au moins l'effet des résistances mécaniques de l'arbre de la machine génératrice.

« Mais c'est surtout dans l'étude du rendement des divers parties de l'installation que nous trouverons des indications d'un grand intérêt, qui sont mises en évidence dans le tableau suivant de la décomposition de chacune des expériences en trois parties distinctes.

Tableau des quantités de travail mesurées sur les différents points de l'installation.

Désignation des expériences.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Totaux.	Moyennes.
	ch	ch	ch	ch	ch	ch	ch	ch
Travail moteur au dynamomètre...	6,66	6,45	6,71	5,89	5,80	5,78	37,29	6,21
Travail perdu à la génératrice (par différence)......	1,77	1,84	2,52 ?	1,60	1,63	1,37	10,73	1,79
Travail électrique à la sortie de la génératrice.....	4,89	4,61	4,19	4,29	4,17	4,41	26,56	4,43
Travail dépensé dans le circuit (par différence)........	1,39	1,35	1,18	1,30	1,37	1,27	7,86	1,31 (1)
Travail électrique à l'entrée de la réceptrice........	3,50	3,26	3,01	2,99	2,80	3,14	18,70	3,12

(1) La résistance calculée de la ligne (160 ohms), pour l'intensité moyenne de 2 amp,559, représente en travail 1ch,42.

Désignation des expériences.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Totaux.	Moyennes
Travail perdu à la réceptrice (par différence)........	1,18	1,21	0,88	1,07	1,05	1,13	6,52	1,09
Travail transmis à l'arbre du frein..	2,32	2,05	2,13	1,92	1,75	2,01	12,18	2,03

Rendements.

Rendement de la génératrice en travail électrique...	0,734	0,715	0,624	0,728	0,719	0,763	4,283	0,712
Rendement du circuit en travail électrique......	0,715	0,707	0,721	0,697	0,670	0,712	4,212	0,706
Rendement de la réceptrice en travail mécanique ..	0,671	0,610	0,707	0,642	0,625	0,640	3,895	0,651
Rendement définitif entre les deux extrémités	0,348	0,318	0,317	0,326	0,302	0,348	1,959	0,326

« Ces résultats se prêtent immédiatement à une interprétation extrêmement simple, si l'on énonce que chacune des trois parties de l'installation donne un effet utile d'environ 0,70.

« Les résistances de la génératrice, la chaleur qui s'y développe, les pertes par les balais et les étincelles se traduisent par une dépense d'énergie de 30 pour 100.

« Dans les conditions de l'expérience, la chaleur développée dans le circuit représente 30 pour 100 de l'énergie électrique qui lui est confiée. On aurait pu craindre qu'il ne se fît dans la ligne quelque communication anormale entre le fil d'aller et le fil de retour, mais les fils étaient posés sur poteaux dans tout leur parcours et il suffit de faire remarquer à cet égard que la perte intermédiaire entre la génératrice et la réceptrice est en moyenne égale aux 122 kilogrammètres qui correspondent à la résistance totale du circuit, qui est de 160 ohms.

« Enfin les résistances de la réceptrice, l'influence de ses balais et des étincelles absorbent aussi 30 pour 100 du travail électrique qui lui est imparti.

« En nombres ronds, l'effet utile diffère peu de $\overline{0{,}70}^{3} = 0{,}343$.

« Dorénavant on sera en droit d'exiger, dans toutes les expériences de cette nature, la mesure du travail qui traverse chacune des parties de l'appareil de transmission. Les moyens que nous possédons pour la mesure de l'énergie électrique sont bien plus avancés que ceux à l'aide desquels nous pouvons enregistrer le passage du travail mécanique ou celui de la chaleur, et l'on ne saurait trop insister sur la facilité et la

sûreté que l'emploi des courants met à notre disposition sous ce rapport. Les unités électriques sont, dès maintenant, en parfait accord avec les unités mécaniques.

« Dans les données de la septième expérience, qui peuvent être mises en parallèle avec les précédentes, nous sommes réduits aux indications suivantes :

	chx
Travail électrique de la génératrice................	4,64
Perte intermédiaire par différence................	1,34
Travail électrique à la réceptrice.................	3,30
Perte intermédiaire par différence................	0,51
Travail réellement transmis.........................	2,79
Rendement du circuit	0,711
Rendement de la réceptrice	0,845

« Le chiffre de ce dernier rendement diffère notablement de ceux qui sont compris dans le tableau général ; mais il n'est pas trop hasardé de conclure de celui de 0,711 que le rendement en travail transmis, favorisé cependant par une augmentation notable de la vitesse, ne saurait différer beaucoup de ceux qui ont directement été mesurés.

« En partant des résistances des deux machines au repos, on peut calculer encore le travail perdu en chaleur qui déterminent ces résistances dans chacune des expériences faites, et en déduire par conséquent, par différence, pour l'une et l'autre machine, le travail supplémentaire perdu soit par les frottements, soit par les étincelles, soit en même temps par l'augmentation possible des résistances électriques pendant le fonctionnement. Il nous suffira de dire que, pour la réceptrice, l'ensemble de ces pertes s'élève à 0^{ch}, 92 et à 0^{ch}, 36 pour la génératrice. Cette différence s'explique par la petitesse relative du travail qui est mis en jeu dans la directrice, et sa mesure, en complétant les indications qui ont été données déjà sur les différentes déperditions, rend compte de toutes les conditions pratiques des expériences faites.

« Je ne saurais oublier en terminant de rendre hommage aux soins et à l'habileté que M. Hopkinson a su apporter, dans ces expériences, à toutes les déterminations électriques, qui ont seules permis de porter l'investigation jusque dans les détails des diverses transformations de l'énergie dans ses modes successifs de manifestation.

« En résumé, le travail réellement transmis à une distance de 8 kilomètres 5 par un fil télégraphique ordinaire, en fer de 4 millimètres de diamètre, dans le mode d'installation de M. Deprez, représente le tiers du travail moteur.

« Si, les courants restant les mêmes, on faisait abstraction de la résistance du circuit intermédiaire, l'effet utile correspondant pourrait s'élever, d'après ces évaluations, à près de moitié du travail moteur.

« L'expérience dont il s'agit, sévèrement contrôlée dans toutes ses par-

ties, a réalisé, pour la première fois, le transport de 2^{chx}, et même dans un des essais celui de 2^{chx}, 79, à une aussi grande distance.

« Les résultats qui précèdent correspondent à une vitesse de 590 tours seulement par minute à la génératrice ; une nouvelle série d'expériences, dans laquelle les déterminations électriques ont été faites sous le contrôle de notre confrère, M. Cornu, a été réalisée hier à la vitesse moyenne de 814 tours. Il en sera rendu compte, avec les mêmes détails, dans la prochaine séance ; mais nous pouvons dire déjà qu'il résulte d'un premier examen de celle qui correspond à la plus grande vitesse, et dans laquelle on a transmis 3^{chx}, 68 que le rendement, déduction faite du travail absorbé par la transmission mécanique à la génératrice et par l'arbre même de cette génératrice, s'est élevé pour 890 tours à 42 pour 100 au lieu de 35, et, sans cette déduction du travail de transmission, à 0,33 au lieu de 0,32. »

Résultats d'une nouvelle série d'expériences sur les appareils de transport de travail mécanique installés au chemin de fer du Nord, par M. Deprez (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 26 février 1883).

« Pour faire suite aux indications que nous avons présentées à l'Académie dans sa dernière séance, nous avons l'honneur de lui faire connaître les résultats de la deuxième série d'expériences que nous avons faites, le 18 de ce mois, sur l'installation, au chemin de fer du Nord, des appareils de M. Marcel Deprez. Rien n'avait été changé à ces appareils, et l'on se proposait seulement d'en constater à nouveau le fonctionnement en donnant à l'arbre de la génératrice une vitesse de 900 tours environ par minute, soit une augmentation de moitié relativement aux essais du 11 février.

« Les observations ont été conduites comme les précédentes, si ce n'est que les déterminations électriques ont été déduites de la lecture des galvanomètres de M. Deprez, sous le contrôle de notre confrère M. Cornu, qui avait bien voulu se charger de ce soin.

« Cinq expériences seulement ont été faites en marche normale, les premières n'ayant eu pour objet que la détermination du travail dépensé par le fonctionnement à vide de la génératrice.

« Parmi les autres, nous laisserons de côté la huitième, pour laquelle le crayon du dynamomètre n'a pas, par suite de la rupture du papier, donné de tracé, et nous signalerons la septième comme moins sûre que les autres au point de vue du travail moteur, par suite de la faible longueur du diagramme correspondant.

« Voici comment les diverses constatations ont été faites.

« *Mesure de l'intensité.* — Les indications du galvanomètre d'intensité, dans le circuit unique des machines dynamo-électriques et du fil télégraphique, ont oscillé, pendant toute la durée des expériences, entre $10^{div},5$ et $11^{div},0$, soit en moyenne $10^{div},75$, ce qui correspond, d'après la constante de l'instrument indiquée par M. Deprez ($1^{div} = 0^{amp},25$), à une intensité presque constante de $2^{amp},687$. On verra d'ailleurs que cette intensité se trouve en concordance satisfaisante avec les autres valeurs des diverses déterminations.

« *Mesure des différences de potentiel aux bornes des machines.* — On mesurait, par un galvanomètre sensible, d'une résistance de 56 ohms (chiffre donné par M. Deprez), l'intensité dans une dérivation prise aux deux bornes de chaque machine et formée par une grande résistance connue, 50,000 ou 30,000 ohms successivement.

« La constante de l'instrument, 1 div. $= \frac{1}{220}$ ampère, permet de déduire de chaque observation la force électromotrice en volts, au moyen de l'une des formules $E = \frac{n}{220}(50{,}056)$ ou $E = \frac{n'}{220}(30{,}056)$.

« Voici d'abord les indications directes des lectures :

Lectures du galvanomètre.

Numéro de l'expérience.	Zéro du galvanomètre.	RÉSISTANCES ADDITIONNELLES. 50,000 ohms. Génératrice.	Réceptrice.	30,000 ohms. Génératrice.	Réceptrice.
VI........	— 1,25	+ 6,50	— 7,50	+ 11,75	— 11,60
VII.......	— 1,50	+ 5,00	— 6,60	+ 9,60	— 10,00
IX........	— 1,55	+ 7,50	— 8,90	+ 13,80	— 13,80
X.........	— 1,55	+ 7,75	— 8,95	+ 13,90	— 13,90

« Les valeurs des déviations n et n' qui en résultent par voie d'addition pour les deux machines respectivement doivent, pour chacune d'elles, conduire à un rapport constant pour $n : n'$, et la vérification de cette proportionnalité suffirait pour démontrer que les constantes instrumentales sont restées très stables pendant toute la durée des observations.

« En introduisant les valeurs ainsi déduites, de n et de n', dans les équations précitées, qui donnent les valeurs correspondantes de E, on trouve facilement les valeurs successives de la force électromotrice entre les pôles de chacune des deux machines.

Forces électromotrices en volts.

	Génératrice.			Réceptrice.			
	R = 50,000.	R = 30,000.	Moyennes.	R = 50,000.	R = 30,000.	Moyennes.	Rapports.
VI.......	1763	1776	1770	1422	1414	1418	0,801
VII......	1479	1516	1498	1160	1161	1161	0,775
IX.......	2059	2097	2078	1672	1673	1673	0,805
X........	2116	2110	2113	1684	1687	1687	0,798

« Les deux modes de mesures ayant conduit, pour chaque expérience, à des valeurs presque identiques de la force électromotrice, leur moyenne peut inspirer toute confiance.

« *Mesure du travail mécanique.* — Le même dynamomètre et le même frein qui avaient été employés le 11 ont servi à mesurer le travail moteur et le travail transmis, de sorte qu'il n'est aucunement nécessaire d'entrer dans de nouvelles explications à cet égard.

« Les résultats des quatre expériences complètes sont compris dans le tableau suivant, auquel nous avons cru devoir conserver exactement la même forme que dans notre précédente Communication.

Tableau des données numériques de toutes les expériences.

Numéros des diagrammes	Dynamomètre. Ordonnées moyennes des diagrammes	Dynamomètre. Tours par minute	Dynamomètre. Travail en kilogrammes	Dynamomètre. Travail moteur en chevaux	Courant. Intensités en ampères	Génératrice. Force électromotrice en volts	Génératrice. Tours par minute	Génératrice. Travail électrique en chevaux	Réceptrice. Force électromotrice en volts	Réceptrice. Tours par minute	Réceptrice. Travail électrique en chevaux	Frein. Travail transmis en chevaux	Frein. Rendement
VI.........	15,39	127	751,92	10,025	2,687	1770	792	6,462	1418	578	5,177	3,211	0,320
VII........	15,77	111	673,42	8,978	2,687	1498	705	5,468	1161	488	4,239	2,711	0,301
IX.........	15,84	138	840,93	11,212	2,687	2078	876	7,586	1673	650	6,108	3,611	0,322
X..........	15,93	138	845,70	11,274	2,687	2113	883	7,714	1686	663	6,155	3,683	0,326
Totaux.....	62,93	514	»	41,489	»	7459	3256	27,230	5938	2379	21,679	13,216	1,269
Moyennes..	15,73	128,5	»	10,395	»	1865	814	6,808	1485	595	5,420	3,04	0,317
VIII.......	x	126	x	x	2,687	1853	814	6,765	1364	620	4,980	x	x
V..........	3,36	118	152,95	2,029	et par tour 1 kg^m,29 à vide.								

« Le rapport entre les vitesses de la réceptrice et celles de la génératrice est ici 595 : 814 = 0,743, tandis qu'il ne s'élevait qu'à 0,620 dans les essais du 11 février.

« Nous avons, dans un second tableau, groupé toutes les évaluations de travail représentées par ces données, de manière à montrer avec plus de détails les différentes pertes sur chacun des points de la transmission.

Tableau des quantités de travail mesurées sur les différents points de l'installation.

Désignation des expériences.	VI.	VII.	IX.	X.	Totaux.	Moyennes.
	ch	ch	ch	ch	ch	ch
1. Travail moteur mesuré au dynamomètre.	10,025	8,997	11,211	11,324	41,557	10,389
2. Travail mécanique dépensé par la transmission jusques et y compris l'arbre de la génératrice........	2,173	1,896	2,358	2,358	8,785	2,196
3. Travail mécanique réellement fourni à la génératrice........	7,852	7,101	8,853	8,966	32,772	8,193
4. Travail électrique dépensé par la résistance de la génératrice....	0,549	0,549	0,549	0,549	»	0,549
5. Perte de travail supplémentaire (par différence)	0,879	1,091	0,712	0,696	3,378	0,844
6. Travail électrique à la sortie de la génératrice	6,424	5,461	7,592	7,721	27,198	6,799
7. Travail dépensé en chaleur dans le circuit..............	1,243	1,218	1,479	1,561	5,501	1,373
8. Travail électrique à l'entrée de la réceptrice	5,181	4,243	6,113	6,160	21,707	5,426
9. Travail électrique dépensé par la résistance de la réceptrice.....	0,814	0,814	0,814	0,814	»	0,814
10. Perte de travail supplémentaire (par différence)	1,156	0,718	1,688	1,673	5,235	1,309
11. Travail mécanique transmis à l'arbre du frein.............	3,211	2,711	3,611	3,683	13,216	3,304

« Nous entrerons dans quelques explications sur la discussion à laquelle se prêtent les nombres de ce tableau.

« 1° Le travail de l'expérience VII est seul un peu incertain, quoique le relevé de l'ordonnée moyenne du diagramme ait été fait sur une longueur de 2^{m} environ.

« 2° Le travail accusé dans la marche à vide est ici beaucoup plus considérable que dans la première série d'expériences; les courroies avaient été certainement raccourcies, et elles se trouvaient trop tendues.

« Chaque tour du dynamomètre correspondrait à un travail de 0^{ch},0172, tandis que nous n'avions trouvé précédemment que 0^{ch},004.

« Quoi qu'il en soit, ce travail de 2^{ch},196 comprend les résistances de toutes les courroies, celles de l'arbre de couche et de ses paliers, celles aussi de l'arbre de la génératrice et du frottement de ses coussinets. Si même quelque aimantation subsistait ou venait à se produire dans la marche à vide, le travail en serait également enregistré.

« Il faudrait, dans tous les cas des applications, passer de la vitesse de l'arbre moteur à celle de la génératrice, et l'on sera presque toujours conduit à des résistances de même ordre.

« Cependant, au point de vue du calcul du travail électrique et des pertes successives qu'il éprouve, il était essentiel de chiffrer à part cette perte de la transmission.

« 3° Cette déduction faite sur le travail moteur, le travail disponible se trouve réduit à 8^{ch}, 193 sur 10,389, ou aux 0,789 de sa valeur primitive mesurée au dynamomètre.

« 4° La chaleur qui serait produite, aux dépens de ce travail moteur, par le passage du courant dans la machine génératrice, dont la résistance, au repos et à froid, est de 56^{ohms}, représente une chute de travail de 0^{ch},549, commune à toutes les expériences.

« 5° L'expérience prouve qu'il y a encore une chute supplémentaire de travail entre ce que reçoit la génératrice et la puissance dynamique du courant qu'elle abandonne au circuit; cette perte s'élève en moyenne à 0^{ch},844 et représente tout ce qui n'a pas été compté dans l'estimation calculée de la chaleur développée dans la génératrice. La résistance de cette génératrice est-elle plus grande quand elle fonctionne à circuit fermé qu'à circuit interrompu? Dans quelle mesure les balais ne captent-ils qu'une partie de ce courant? Quel est le travail perdu par les étincelles? Se produit-il des contre-courants qui augmentent les résistances? Ce sont là autant de questions que nous ne pouvons envisager qu'en bloc, et dont la solution est réservée à des études ultérieures.

« 6° Toujours est-il que le courant introduit dans le fil télégraphique qui reliait les deux stations ne représente plus que 6^{ch},799, soit 0,654 du travail moteur, ou 0,829 du travail qui était disponible sur l'arbre de la machine génératrice.

« 7° En parcourant le fil télégraphique de 17^{km} de longueur, dont la résistance est de 160 ohms, l'énergie transformée en chaleur représenterait $\frac{\overline{2,687}^2 \times 160}{g}$ kilogrammètres ou 1^{ch},570; nous trouvons pour différence

moyenne entre le départ de la génératrice et l'arrivée à la réceptrice 1^{ch},373 seulement; au point de vue des petites variations d'intensité que l'on n'a pu s'attacher à mesurer pendant le cours des expériences, on peut considérer ces deux évaluations comme concordantes.

« 8° Les observations faites à la réceptrice ont montré que le courant n'y représentait plus que 5^{ch},424, soit les 0,522 du travail moteur primitif, ou 0,662 du travail mécanique disponible sur l'arbre de la génératrice.

« 9° La résistance de la réceptrice, à raison de 83^{ohms} au repos, correspondait à une transformation en chaleur d'une énergie de 0^{ch},814, qui est inscrite sur la neuvième ligne horizontale du tableau.

« 10° Mais cette réduction ne correspond pas, à beaucoup près, à la différence entre le travail du courant à l'entrée de la réceptrice et le travail dépensé en frottement par le frein installé sur son arbre. La différence, qui s'élève à 1^{ch},309, doit être attribuée aux causes déjà énumérées au paragraphe 5° et auxquelles il y a lieu d'ajouter les résistances passives de l'arbre de la réceptrice, dont aucune évaluation directe n'a pu être obtenue par des tracés dynamométriques comme pour la génératrice. Cette perte paraît avoir augmenté d'une manière notable pour les grandes forces électromotrices de la deuxième série d'expériences, et une partie de cette augmentation doit être, sans aucun doute, attribuée aux étincelles.

« 11° Enfin nous arrivons au travail mesuré au frein et qui ne représente, en moyenne, que 3^{ch},304, c'est-à-dire 0,318 du travail moteur, ou 0,403 du travail disponible sur l'arbre de la génératrice.

« Les quantités de travail retrouvées sous forme de chaleur et nécessairement perdues pour l'effet utile peuvent d'ailleurs s'additionner ainsi qu'il suit :

	ch
Dans la génératrice	0,549
Dans le circuit intermédiaire	1,373
Dans la réceptrice	0,814
Total	2,736

« Cette quantité minimum de travail, représentée par de la chaleur, équivaut à 0,263 du travail mécanique dépensé, ou à 0,334 du travail disponible sur l'arbre de la génératrice.

« D'un autre côté, les pertes non calculables quant à présent s'élèvent à :

	ch
A la génératrice	0,844
A la réceptrice	1,309
Total	2,153

qui forment les 0,207 du travail total ou 0,263 du travail mécanique disponible sur l'arbre de la génératrice.

« On peut ainsi grouper les chiffres d'une autre façon encore :

Travail de la transmission mécanique	0,211
Travail perdu en chaleur développée par les résistances	0,263
Travail perdu d'une manière adventice aux points de transformation	0,207
Travail réellement transmis	0,318
Total	1,000

« La troisième évaluation de ce résumé est évidemment celle que les efforts des constructeurs doivent viser, et si l'on parvenait à en corriger les causes, on arriverait à se rapprocher, toutes choses égales d'ailleurs, d'un maximum d'utilisation de 50 pour 100.

« En soumettant seulement les deux expériences IX et X au même mode d'examen, les chiffres seraient très peu différents.

Travail de la transmission mécanique	0,209
Travail perdu en chaleur disséminée	0,256
Travail perdu aux points de transformation	0,212
Travail réellement transmis	0,314
Total	1,000

« Nous appelons tout particulièrement l'attention des électriciens sur cette indication du point précis où se produit cette chute de travail qui reste à étudier, et qui doit être d'un grand intérêt pour la théorie des machines dynamo-électriques.

« En tous cas, on trouvera dans les déductions qui précèdent un second exemple de la répartition mieux précisée de toutes les pertes dans les diverses parties de l'appareil de transmission.

« Les tensions électriques de plus de 2000^{vol} sont déjà considérables en vue des applications, mais elles ont permis de transmettre cette fois un travail de près de quatre chevaux à la distance précédemment indiquée, équivalant à fort peu près à une distance effective de $8^{km},5$ entre les deux stations extrêmes. »

COMPTE RENDU

DU

BANQUET COMMÉMORATIF DU 35e ANNIVERSAIRE

DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

Le banquet commémoratif du 35e anniversaire de la fondation de la Société a eu lieu, le dimanche 4 mars 1883, à l'hôtel Continental, sous la présidence de M. Ernest Marché, Président.

Près de 200 membres assistaient à ce banquet.

Au début, M. le Président donne lecture de la lettre suivante qu'il vient de recevoir de Genève :

« Monsieur et cher Président,

« Permettez-moi, au double titre d'ancien professeur à l'École centrale et de membre de la Société des Ingénieurs civils, de vous prier d'exprimer de ma part à nos honorés collègues, qui seront réunis demain soir à l'hôtel Continental, le profond regret que j'éprouve de n'avoir pu me joindre à eux dans ce banquet commémoratif de la fondation de notre Société.

« Notre institution me semble en pleine voie de prospérité, de progrès et de longue vie, et je vous envoie un toast de bons souvenirs et d'affectueux remerciements, aux fondateurs de la Société, à ses présidents, aux membres dévoués de ses bureaux successifs et à tous ceux qui, par leurs travaux ou leurs communications, ont placé au premier rang la glorieuse institution de la Société des Ingénieurs civils.

« Votre respectueusement affectionné,

« D. COLLADON. »

M. le PRÉSIDENT communique ensuite l'adresse suivante reçue de la Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens.

« Monsieur le Président et cher Confrère,

« Vous fêtez le trente-cinquième anniversaire de la fondation de votre Société des Ingénieurs civils.

« C'est avec satisfaction que vous pouvez jeter un coup d'œil rétrospectif sur vos trente-cinq ans d'existence !

« Votre Société a toujours été le centre dans lequel les hommes les plus distingués de notre profession se sont trouvés entourés d'hommes qui, de disciples qu'ils étaient, se sont élevés à être à leur tour maîtres.

« Notre Société compte, comme la vôtre, trente-cinq ans d'existence ; comme la vôtre, elle s'est développée et affermie, elle aussi poursuit le but de resserrer les liens entre ceux qui se sont voués à la belle carrière de l'ingénieur ou de l'architecte.

« Mais ce n'est pas au cercle étroit de ses membres, quelque nombreux qu'ils soient, que s'arrête le sentiment de confraternité qui nous anime !

« Nous sommes tous dévoués à la même cause : au progrès par le travail et par le développement de l'intelligence ! — Malgré la distance qui sépare les centres de notre activité, et malgré la différence de l'idiome dans lequel nous avons l'habitude de nous exprimer — nous nous entendons — nous nous touchons de près !

« Permettez-moi donc, mon cher Confrère, de vous prier de vouloir bien présenter à votre Société de la part de la nôtre, à l'occasion de la belle fête qui vous réunit, l'expression des plus vives sympathies de vos confrères autrichiens dont je suis fier et heureux de pouvoir être l'interprète.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président et cher Confrère, l'assurance de mes sentiments les plus distingués et tous dévoués.

« Le Conseiller supérieur S. R. de construction, Président de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens, Membre honoraire de la Société des Ingénieurs Civils Français,

« R. Schmidt. »

Après cette lecture l'orchestre joue l'hymne national autrichien accueilli par les vifs applaudissements de l'assemblée.

Au dessert, les toasts suivants sont successivement prononcés :

TOAST DE M. E. MARCHÉ, Président.

« Messieurs et chers Collègues,

« Il est d'usage, dans une réunion comme celle-ci, que les premières paroles prononcées par le Président, soient un salut aux invités. Mais votre Comité a décidé que, pour donner à ce premier banquet un caractère de plus grande intimité, il ne serait pas fait cette année d'invitations officielles. Nous sommes donc tout à fait entre nous, et il n'y a ici que des membres de la Société des Ingénieurs civils.

« Cependant nous tenons à considérer aujourd'hui comme notre invité, le dernier survivant des six fondateurs de la Société et des membres du premier bureau et du premier Comité, M. Laurens.

« Nous avons groupé autour du bureau 1883 et des anciens présidents,

tous ceux de nos membres qui avaient répondu, en 1848, au premier appel des fondateurs, les soldats de la première heure, nos anciens.

« C'est donc aux fondateurs et aux membres les plus anciens de la Société, que j'ai le devoir, en votre nom à tous, de présenter ici le tribut de la reconnaissance de tous les ingénieurs civils, auxquels ils ont frayé la voie par la fondation de la Société et surtout par la création même de notre belle profession.

« Je ne saurais mieux exprimer notre profonde gratitude qu'en retraçant, à grands traits, l'histoire, non de la Société, mais de sa fondation et de ses premiers travaux.

« Mon camarade et ami Léonce Vée nous a remis, il y a deux ans, le texte manuscrit de quelques-uns des procès-verbaux des premières séances, rédigés par son beau-père, Victor Bois, notre premier secrétaire ; vous me permettrez d'y puiser quelques souvenirs.

« Vous savez tous que l'initiative de la fondation de la Société appartient à six anciens élèves de l'Ecole centrale qui, aux premiers jours de la Révolution de février 1848, se sont concertés dans ce but, c'étaient Michel Alcan, Callon, Faure, Léonce Thomas, Priestley et... M. Laurens.

« La première réunion eut lieu le 4 mars 1848, dans la bibliothèque de l'Ecole centrale. Le bureau provisoire, sous la présidence de Callon, se composait de Faure, Boudsot, Scribe et... M. Laurens.

« Et, chose assez singulière, je lis dans le procès-verbal de Victor Bois, qu'on décide, à l'unanimité, que... l'association des anciens élèves de l'Ecole centrale est déclarée constituée.

« On nomme une commission pour rédiger les statuts.

« Mais dès la séance suivante, le 11 mars, on adopte en bloc le projet de statuts présenté par Faure, et il ne s'agit plus d'une association d'anciens camarades, il s'agit de la Société centrale des Ingénieurs civils, appelant et recevant tous les ingénieurs civils, *quelle que soit leur origine*.

« Huit jours ont suffi, Messieurs, pour transformer largement et libéralement le programme du 4 mars, et constituer cette première tradition qui est la base essentielle de notre institution.

« Les anciens élèves de l'Ecole centrale sont fiers d'avoir pris cette initiative, mais ils sont plus fiers encore du grand nombre d'ingénieurs civils qui sont venus et qui viennent chaque jour se réunir à eux. L'Ecole centrale a été le noyau de notre Société, mais c'est aujourd'hui le noyau d'un fruit arrivé à sa pleine maturité.

« Pour caractériser cette rapide évolution, les fondateurs ont immédiatement appelé les ingénieurs civils qui s'étaient déjà alors formés dans les travaux publics et ceux qui s'étaient fait un nom dans l'industrie privée : les Seguin, les Degousée, les Grouvelle, les Flachat et tant d'autres.

« Le 26 mars on procédait aux premières élections et on appelait à la présidence celui qui fut, jusqu'à sa mort, l'âme de la Société, qui la présida à sept reprises et en fut le conseiller et le guide pendant vingt-cinq ans : Eugène Flachat.

« Les vice-présidents étaient Callon et Degousée, le trésorier Priestley, les secrétaires Victor Bois et Scribe, les membres du Comité, Alcan, Boudsot, Petiet, Alexis Barrault, Nozo, le major Poussin, Grouvelle, Paul Seguin et M. Laurens.

« Le 30 mars le bureau définitif entre en fonctions et on se met au travail.

« Il faut bien reconnaître qu'on débutait dans des circonstances peu favorables à l'étude des questions techniques, et qu'on avait alors — de février et juin 1848 — des préoccupations de toute autre nature. Les travaux de chemins de fer engagés étaient suspendus, l'exploitation des 2,000 kilomètres de voie ferrées établies était entravée, les gares et stations près de Paris dévastées, les ponts d'Asnières, de Maisons, etc., incendiés et, en fait de travaux, il n'était guère question que des grands terrassements que faisaient semblant d'exécuter, au Champ de Mars, les ateliers nationaux.

« Aussi, Messieurs, nos devanciers se consacrèrent-ils pendant cette période, aux questions d'économie sociale et industrielle et s'engagèrent-ils surtout avec passion dans l'étude des questions que soulevait alors la profession de l'ingénieur civil, profession peu connue, entravée, dédaignée et dont il fallait faire reconnaître l'existence, dont il fallait conquérir l'état civil.

« On trouve bien dans les procès-verbaux quelques traces des agitations politiques du moment, le contraire serait d'ailleurs étonnant à une époque où tout français rédigeait son projet de constitution et avait son plan d'organisation du travail.

« Ainsi je vois que mon ancien collègue du nord de l'Espagne, M. Germon, demandait à ce que la Société appuyât la candidature d'un de ses membres, à l'Assemblée constituante et donnait lecture de la profession de foi de Michel Alcan.

« Je dois ajouter que cinq membres de la Société furent nommés à la Constituante, ce furent Alcan, Dufournel, Degousée, Fourneyron et Galy-Cazalat.

« Poinsot fait signer une pétition demandant la suppression du cumul et on délègue Grouvelle auprès du citoyen Louis Blanc pour siéger à la commission du Luxembourg, mais c'était à la veille du 15 mai et Grouvelle n'a pas dû assister à beaucoup de séances.

« Voilà tout ce qui se rattache aux préoccupations politiques du jour, et dès le 26 mars, dans des séances hebdomadaires, tous les efforts sont concentrés sur l'étude et la discussion des questions vitales pour la profession de l'ingénieur civil : l'enseignement professionnel, le recrutement des ingénieurs de l'État, le rachat des chemins de fer, etc.

« Laissez-moi vous rappeler que l'une des premières réformes mises à l'étude était celle de l'admission des conducteurs des Ponts et Chaussées au grade d'ingénieur, réforme qui aboutit d'ailleurs, et dont l'initiative était prise le 26 mars, par notre ancien président, M. Richard.

« L'étude du recrutement des ingénieurs des Ponts et Chaussées fut poursuivie avec entrain, avec passion, mais vous le savez, sans succès.

« Seguin se préoccupait surtout de la reconstitution du conseil général des travaux publics. Il proposait de le composer de 8 ingénieurs des Ponts et Chaussées, 8 ingénieurs civils, 8 industriels et commerçants, 6 architectes et 6... économistes.

« Victor Bois, insistant sur la partie du principe proposait même de soumettre immédiatement une protestation courte et nette contre l'organisation actuelle du conseil des travaux publics, à la signature des clubs... et la proposition fut adoptée.

« Ah! ils avaient bien des illusions, ils étaient jeunes, nos aînés, ils croyaient à l'influence des clubs, et plus encore, ils croyaient possible de modifier, en temps de révolution l'organisation du conseil des Ponts et Chaussées.

« Il nous faut reconnaître, mes chers Collègues, qu'alors que les travaux publics semblaient à peu près les seuls dans l'exécution desquels, les ingénieurs civils pouvaient se créer une carrière et qu'alors que la doctrine du tout par l'État semblait triompher, il était bien naturel de demander pour les ingénieurs civils, accès dans les rangs des ingénieurs de l'État.

« Nos devanciers ont échoué, mais à quelque chose malheur est bon, car, repoussés dans leurs assauts contre une citadelle imprenable, ils s'en sont allé chercher fortune ailleurs, ils se sont répandus dans la campagne, et ils y ont vivifié, grandi le rôle de l'initiative privée, ils ont constitué en France une nouvelle, une grande profession libérale, celle de l'ingénieur civil.

« Ils nous ont montré qu'on pouvait servir le pays, lui être utile, accroître sa richesse, sa puissance, son renom à l'étranger, au service de l'industrie privée, sans s'enrôler à vingt ans dans la légion des fonctionnaires de l'État.

« Il est donc probable que nous n'aurons plus à reprendre, dans le même esprit, du moins, cette question de recrutement des ingénieurs des Ponts et Chaussées, mais il est un des points du programme de nos fondateurs que nous devons retenir et qui doit faire l'objet de nos préoccupations, non dans nos séances, mais dans le cercle de nos influences personnelles, c'est celle de la formation en France, d'un conseil supérieur des travaux publics analogue dans son organisation et dans son recrutement au conseil supérieur de l'instruction publique.

« Est-il possible que le programme et l'exécution de travaux publics auxquels on doit consacrer des milliards puissent être élaborés et organisés sans l'intervention des industriels et des grandes collectivités dont les intérêts y sont engagés?

« Je reconnais qu'il y a d'ailleurs, sous ce rapport, d'heureuses tendances, et qu'on a appelé, depuis quelque temps, plusieurs d'entre vous dans des comités consultatifs où nous savons qu'ils ont conquis une large part d'influence. Mais à ce sujet, laissez-moi vous rappeler un dernier souvenir de 1848.

« Au mois de mai 1848, on avait obtenu du ministre des Travaux publics, un arrêté qui formait une commission spéciale pour l'examen des travaux

publics, autres que ceux dont la vérification est attribuée par les lois et règlements aux conseils des Ponts et Chaussées et des Mines.

« Cette commission était composée des citoyens Perdonnet, Payen, Polonceau, Walter-Saint-Ange, Victor Bois, Paul Seguin, Duval, Vüigner, Flachat et Letellier-Delafosse.

« Et le ministre expliquait que cette commission formerait un *Comité consultatif permanent* et que ses fonctions seraient semblables, sauf la nature des affaires, à celles des conseils des Ponts et Chaussées et des Mines.

« Ses séances devaient avoir lieu dans la salle du conseil général des Ponts et Chaussées.

« Je ne sais si cette commission s'est jamais réunie, mais c'est, en tout cas, l'origine des comités consultatifs d'aujourd'hui.

« Souhaitons seulement, mes chers Collègues, que les ministres de la troisième République, s'inspirent quelque peu, en composant leurs comités, de l'arrêté de 1848, qui donnait aux ingénieurs civils, une minorité... respectable.

« Vers la fin de 1848, quand, après les journées de Juin, les agitations de la rue furent calmées, on se mit, à la Société, au travail technique et les communications et les mémoires commencèrent à alimenter nos bulletins.

« Des traductions de l'anglais par M. L. Yver sur les ponts tubulaires, ouvrent la série de nos travaux. Le premier mémoire, relatif au pont d'Asnières, porte la signature de notre collègue E. Deligny.

« Puis la Société prit lentement et péniblement sa marche normale. Les commencements furent bien difficiles. On se réunissait où on pouvait, tantôt à l'École centrale, tantôt à la Société d'encouragement, puis rue Duphot, puis rue des Bons-Enfants..., on n'avait pas de domicile fixe, on était, un peu, en état de vagabondage.

« On n'était pas riche, les souscriptions rentraient mal, je crois même qu'on avait des dettes, dame ..., M. Loustau n'était pas encore notre trésorier !

« Aujourd'hui, la Société des Ingénieurs civils a deux mille membres, elle a un hôtel, déjà trop petit, elle a un bagage de trente-cinq années de bulletins et de mémoires, son renom, son influence morale en France et à l'étranger s'accroissent de jour en jour...

« Eh bien, mes chers Collègues, nous devons tout cela à l'initiative et à la persévérance de nos devanciers. Vous garderez fidèlement le souvenir de tous ceux qui ont contribué à cette grande œuvre, et vous vous associerez au toast que je porte ici :

« A M. Laurens, l'un des initiateurs de la fondation de la Société et à tous ceux de ses collaborateurs des premières années présents à ce banquet, nos collègues de 1848 et de 1849[1]. »

1. On trouve plus loin les noms des membres auxquels s'adressait ce toast.

TOAST DE M. LAURENS.

« Messieurs et chers Collègues,

« Je suis profondément touché de l'accueil flatteur que vous voulez bien me faire pour mon active participation à la fondation de la Société des Ingénieurs civils. C'est avec un sentiment de tristesse, bien excusable, je pense, à vos yeux, que je me reporte à ces temps-là en souvenir des amis qui ne sont plus; nous avons été, tous ensemble, les ouvriers de la première heure. Qu'il me soit donc permis à ce titre d'évoquer ainsi leur souvenir, pour l'associer aux honneurs que je reçois, avec une si vive reconnaissance, dans ce banquet commémoratif de l'œuvre de 1848.

« Notre honorable Président vient de vous rappeler que la fondation, le 4 mars 1848, de la Société des Ingénieurs civils était due à l'initiative des anciens élèves de l'Ecole centrale.

« La proximité singulière de cette date, 4 mars 1848, de celle du 24 février, date d'une révolution, a dû parfois éveiller votre curiosité; ce rapprochement, en effet, n'est pas étranger au sujet.

« En 1839, un groupe d'anciens élèves de l'École centrale songea à provoquer la création d'une Société d'Ingénieurs civils en faisant appel aux camarades, dont les promotions, assez nombreuses déjà, pouvaient fournir un personnel important. Au mois d'août, un comité composé de Alcan, Guérin, Lamulonière, Prisse (depuis en Belgique), L. Thomas, Priestley et moi fut nommé, afin de poursuivre la réalisation de ce projet. Des statuts furent rédigés et distribués. Le comité fonctionna pendant l'année 1840.

« Bien qu'un assez grand nombre d'anciens élèves eût adhéré, il fallut renoncer à atteindre le but. Sur l'injonction de l'autorité, nous signifiant que notre Société n'était pas *autorisée*, nous devions la dissoudre pour éviter des poursuites.

« En présence de cette situation, en présence aussi d'oppositions de diverse nature que le projet avait soulevées, il devenait nécessaire d'ajourner sa réalisation, Mais je restai chargé de le rappeler à l'attention dès qu'une occasion favorable viendrait à naître. C'est ainsi qu'au lendemain du 24 février j'allais conférer avec M. Lavallée qui, complètement favorable à l'institution d'une Société d'Ingénieurs civils, issus de l'École centrale, mit l'établissement à la disposition du comité de fondation pour y tenir les réunions qu'il allait convoquer, lesquelles furent tenues, en effet, à l'Ecole.

Ce comité se composait, comme vous l'avez entendu tout à l'heure, de Faure, Alcan, Callon, L. Thomas, Priestley et moi. Plusieurs des membres du comité de 1840 n'habitaient plus à Paris.

« On voit que les préparatifs des années antérieures ne furent pas inutiles à la prompte solution obtenue le 4 mars 1848.

« D'après les statuts votés alors, la Société prenait le nom de Société

Centrale des Ingénieurs civils, le mot de *centrale* devant rappeler l'origine de l'institution. Toutefois elle n'était pas une société fermée ; elle appelait dans son sein les ingénieurs civils de toute origine. C'est ainsi que dès le premier jour de sa constitution définitive, MM. Seguin, Degousée, Grouvelle et Eugène Flachat furent invités à devenir sociétaires; proposition qui fut acceptée avec empressement par ces ingénieurs civils.

« Notre honorable et sympathique Président vous a entretenu des travaux de la Société dès les premiers temps de son installation définitive. Je n'ai pas à toucher un sujet qu'il a si bien traité.

« Mais qu'il me soit permis, Messieurs et chers Collègues, de vous proposer un toast que vous accueillerez, je l'espère, favorablement, un toast qui rappellera quelque peu nos idées de 1848 :

« Je porte un toast à la prospérité de la Société des Ingénieurs civils, à « l'accroissement continu de son influence dans les affaires du pays par ses « discussions d'intérêt général, par ses études sur les rapports du travail « et du capital, sur l'instruction professionnelle, sur l'organisation de « de l'apprentissage, enfin par le rappel incessant de la solution libérale à « donner à cette question toujours pendante de l'intervention du génie civil « et de l'industrie privée dans l'exécution des travaux publics, ports mari- « times, voies navigables et chemins de fer. »

TOAST DE M. MARTIN.

« Messieurs,

« Nous avons à porter une santé qui nous est, à tous, particulièrement chère et je suis heureux de pouvoir être, aujourd'hui, votre interprète.

« Je bois, avec vous, à ceux de nos éminents collègues qui ont bien voulu, jusqu'alors, consacrer leur temps, leur savoir, leur influence, à assurer la marche régulière et progressive de notre Société. C'est à leur dévouement que nous devons de la voir arrivée à un degré de prospérité dont nous sommes justement fiers.

« Qu'ils reçoivent nos remerciements et l'expression de notre reconnaissance.

« Messieurs,

« Aux anciens Présidents de notre Société des Ingénieurs civils. »

TOAST DE M. TRESCA.

« Mes chers Collègues,

Je ne suis pas le plus ancien Président de la Société des Ingénieurs civils, M. Mony m'a précédé de sept ans, mais nous regrettons de ne pas le

compter assez souvent parmi nous, et par suite du renouvellement de vos suffrages, à seize années d'intervalle, je me trouve être le seul qui ai eu à diriger, aux époques de nos grandes expositions, vos travaux à plusieurs reprises.

« C'est à ce titre, qu'au nom de vos anciens Présidents, je me trouve appelé à vous remercier cordialement du toast que vous venez de porter et que je veux considérer, non seulement comme un hommage affectueux qui s'adresse à ceux qui sont restés parmi nous, mais comme un hommage plus vif encore et si pleinement mérité envers ceux qui nous ont été enlevés. L'esprit de chacun d'eux représente à un degré éminent l'une des branches les plus importantes de nos études.

« Eugène Flachat, notre maître à tous par l'éclat et la persévérance de ses vues et de ses écrits, est celui qui a laborieusement présidé à vos premières années et il a été, sans contredit, l'initiateur le plus autorisé de la profession d'ingénieur civil par sa participation aux travaux les plus variés; Perdonnet, Polonceau, Vuigner, Petiet, par la notoriété qu'ils ont si justement acquise dans la construction de nos chemins de fer. Morin, dont je pourrais me dire l'ami si je n'étais retenu par ma vénération pour sa mémoire, s'est montré le vulgarisateur le plus universel des applications diverses de la mécanique; Callon, par ses travaux d'hydraulique ; Vuillemin et Nozo, par leur entente du matériel de nos grandes exploitations; Alcan et Salvetat, dans la filature et la céramique; de Dion, par sa restauration de la cathédrale de Bayeux et par la direction qu'il a su imprimer aux constructions en fer de la dernière exposition; Faure, enfin, qui, avec Victor Bois, a si utilement contribué à asseoir la compétence des ingénieurs dans les affaires contentieuses et en matière de brevet d'invention; ce sont là des noms, qui rappellent, à ces différents points de vue, le souvenir de carrières éminentes, constamment consacrées au bien public. Ils sont notre honneur et notre drapeau, et c'est vers eux que notre reconnaissance doit se porter en un pareil jour. C'est parmi eux aussi que j'ai rencontré les amitiés les plus solides, les communautés de vues les plus encourageantes, et ces amitiés, ces encouragements, ils doivent être, dans l'avenir comme dans le passé, l'un des attraits les plus puissants de nos relations de bonne confraternité.

« Je m'abstiens de vous rappeler à côté d'eux les noms de vos présidents encore militants; ils sont aussi au nombre de treize, et si par mon âge je puis me considérer comme celui qui porte plus spécialement le numéro fatal, comme celui d'entre eux qui vous quittera le premier, qu'il me soit permis de vous indiquer l'état dans lequel nos anciens ont trouvé la position de l'ingénieur civil et la transformation que vous avez aidé à lui imprimer.

« Sans doute les grands travaux de construction, les diverses branches de la mécanique, des mines et de la métallurgie avaient profité dès longtemps des aptitudes de nos devanciers, mais ils y étaient relégués en sous-ordre et n'avaient pas les grandes allures qui sont de mise aujourd'hui. Combien leur domaine s'est élargi depuis lors : l'architecte est devenu un peu plus

ingénieur, l'ingénieur est devenu beaucoup plus architecte; les fabrications chimiques et les industries des exploitations agricoles ont exigé la création de méthodes et d'appareils plus spéciaux et mieux étudiés; les applications de la chaleur et de la lumière sont entrées d'une façon plus intime parmi vos œuvres habituelles, et voilà que l'ingénieur électricien prend déjà une place considérable dans un monde pour ainsi dire nouveau et inattendu.

« Je ne serai donc qu'un fidèle observateur des faits accomplis en signalant les nouvelles et multiples voies qui nous sont ouvertes, et en y trouvant le gage d'un avenir toujours grandissant, sous l'égide et le contrôle des associations de même ordre qui se fondent dans tous les pays, et qui sont destinées, ainsi que vous venez de le voir, à vivre avec nous dans les meilleures conditions d'émulation et de progrès.

« En vous remerciant, de votre cordial et sympathique souvenir, je puis donc affirmer sans crainte que votre prospérité ne peut que s'accroître, en vous appelant à vous associer de plus en plus aux découvertes de la vie industrielle et à leur influence sur la prospérité et sur la situation prépondérante de notre pays dans la plupart des créations qui se rattachent au Génie civil.

« Entre tous, vos anciens Présidents vous connaissent assez bien pour avoir le droit de proclamer leur foi complète dans le développement si désirable et bien légitime, dans le développement très assuré de notre florissante institution. »

TOAST DE M. LIMET.

« Messieurs et chers Collègues,

« Notre cher Président a pensé qu'un de vos anciens devait prendre la parole, même après les discours que nous venons d'applaudir et où le charme de la forme s'ajoutait à l'élévation des pensées. Je réclame donc toute votre indulgence pour une improvisation qui manquera de beaucoup de ces qualités!

« Je veux seulement ajouter quelques observations au parallèle que vient de faire notre Président entre l'époque de notre fondation en 1848 et l'époque actuelle.

« — Je fais ici allusion à ce qu'on appelle *les Questions sociales*, appellation et trop vague et trop étendue, sorte d'épouvantail pour beaucoup et que j'appellerai plus simplement *les Questions économiques*.

« En 1848, vous vous le rappelez, nous avons traité avec l'enthousiasme de la jeunesse, car nous aussi, nous avons été jeunes, les questions brûlantes, les questions sociales du moment. — La question si triste des ateliers nationaux, celle de l'organisation du travail, la réorganisation du corps des Ponts et Chaussées, forteresse, soit dit en passant, à laquelle nous n'avons pas enlevé une seule pierre, enfin, celle des associations. —

35 ans se sont écoulés, de tout cela qu'est-il resté? Je pourrais répondre où sont les neiges d'antan? Et aujourd'hui les mêmes questions viennent se poser, mais plus impérieusement, parce que le nombre de ceux qui les agitent a singulièrement augmenté.

« En effet, le nombre des ouvriers industriels en France, qui était d'environ quatre millions en 1848, est aujourd'hui de plus de douze millions! — Ces deux chiffres en disent plus que tous les discours et immédiatement vous apercevez et les dangers et la nécessité de chercher et d'étudier s'il est possible d'y apporter des remèdes.

« Les illusions ont disparu, les utopies ont fait leur temps et sont reléguées dans le domaine de l'ignorance. La science, dans toutes les directions, a envahi le monde et les forces productives se sont accrues dans des proportions vraiment effrayantes. — Demain, sinon aujourd'hui, chaque nation produira plus qu'elle ne consommera et la lutte pour la vie s'établira, non plus seulement d'individu à individu, mais de nation à nation !

« Le problème du travail reste donc entier, comment sauver la liberté, élément de progrès qui ne s'affirme que par la concurrence, et comment arriver à l'idéal impossible de l'équilibre entre la production et la consommation?

« Il n'est pas d'homme instruit et intelligent qui puisse rêver une solution absolue ; mais si ce mal est une conséquence des manifestations de l'activité humaine, manifestations qui amènent chaque jour de nouvelles inconnues, il est de notre devoir et de notre intérêt, à nous ingénieurs et industriels qui sommes constamment en rapport avec les ouvriers et qui pouvons apprécier leurs besoins, leurs qualités et leurs défauts, de nous poser en vigies et de signaler les écueils avant que le navire ne soit en perdition.

« C'est une œuvre de science ardue, de labeur et persévérance et j'ai cru devoir la signaler aux jeunes d'entre nous qui seuls ont l'activité et l'énergie indispensables pour l'entreprendre.

« Pardonnez-moi, Messieurs, les couleurs un peu sombres de ce tableau et laissez-moi, pour les atténuer, vous proposer un toast à nos regrettés collègues d'Alsace et de Lorraine, qui leur arrivera comme un souvenir et un espoir de la patrie absente ! »

TOAST DE M. ROY.

« Messieurs,

« Notre honorable Président vient de nous rappeler l'origine de notre Société, la largeur de vue des ingénieurs éminents qui, en la fondant, ne voulurent pas en faire une Société fermée, exclusive; mais bien grouper dans son sein, tous les hommes qui, s'occupant d'industrie, et sans distinction d'École où ils avaient puisés leur instruction scientifique, pouvaient rendre des services au progrès de l'industrie et de la science.

« Je suis ancien élève des Ecoles d'Arts et Métiers, il y a vingt-six ans que je fais partie de la Société des Ingénieurs civils, j'ai eu l'honneur d'avoir pour parrains MM. Flachat et Love.

« Je bois, Messieurs, à l'union et à la cordialité des rapports entre tous les membres de notre Société. »

TOAST DE M. DE COMBEROUSSE.

« Mes chers Confrères,

« Et vous ne m'en voudrez pas si j'ajoute, mes chers Amis, car il y en a beaucoup ici que je puis appeler de ce nom, vous me permettrez, avant de porter le toast pour lequel je me lève, de vous exprimer tous les regrets de notre ancien et éminent Président, M. Yvon-Villarceau. Trop souffrant en ce moment, pour s'asseoir à ce banquet, il m'a chargé de vous transmettre son souvenir et de vous assurer de son affection.

« Ce devoir accompli, je bois

« A l'Avenir de notre Société !

« c'est-à-dire à nos plus jeunes collègues et à ceux qui viendront sur leurs pas grossir notre légion — légion de toute origine, de tout recrutement, et même de toute nationalité — mais française avant tout, par le sang ou par les affinités électives.

« Je bois donc *aux Jeunes*, avec une teinte de mélancolie, puisque cette parole même, prononcée par moi, indique que je ne puis plus prétendre à en faire partie, mais avec joie et avec orgueil, parce que je suis certain qu'ils augmenteront encore le renom et l'influence de la Société.

« Il faut savoir tirer parti de toutes les situations. Et, puisque je ne suis plus jeune, quelques conseils ou quelques vœux, pour lesquels j'ai peut-être besoin de me ménager d'avance un privilège, me seront du moins pardonnés. Ces conseils, ces vœux, les voilà bien simplement.

« Souvent, nos jeunes camarades hésitent à aller à l'étranger. Les liens de famille, si respectables, et aussi un peu la routine française qui répugne à ces exils lointains, les arrêtent. Qu'ils aient le courage de partir, qu'ils aillent faire leur moisson chez les autres peuples, et qu'ils nous la rapportent toute fraîche et toute vivante. Que la Société s'enrichisse de leurs communications et que le pays en profite. Qu'ils préparent ces féconds voyages d'instruction par une étude plus assidue des langues étrangères. Ils seront bien récompensés de leurs efforts, et j'espère qu'on pourra les y aider.

« Je crois, pour mon compte, qu'il y a encore beaucoup à faire au point de vue de l'enseignement. Rassurez-vous. Je ne demande pas, grand Dieu ! qu'on surcharge les programmes. — Je trouve que les pauvres adolescents sont suffisamment écrasés. — Je demande seulement qu'on les équilibre,

qu'on en distribue mieux les matières, qu'on y mette du jour, de l'entrain, de la joie pour ceux qui apprennent, et qu'on développe en eux avant tout, par-dessus tout, l'initiative personnelle, l'accent intime, la marque géniale. Je prie, en un mot, qu'on mette la pensée, la réflexion, le jugement au-dessus de la mémoire et des connaissances acquises, péniblement amassées.

« Mes chers Confrères, vous le savez, je suis partisan de l'économie politique, mais de la bonne, de celle qui a des entrailles, et je ne suis pas du tout malthusien. Le terrain est délicat, j'ai peut-être tort de continuer... Mais, puisque je bois à l'avenir, vous ne vous étonnerez pas que je boive à la postérité des jeunes, à leurs enfants et petits-enfants. La France, en face de ses voisins, dont la population monte à flots pressés, a besoin de s'accroître, de se multiplier, elle aussi. Je lui souhaite, parmi nous et ailleurs, des unions contractées par le cœur, fondées sur l'harmonie des sympathies vaillantes et désintéressées, et où l'on soit heureux de soutenir ensemble les luttes de la vie... J'en ai dit assez, je me tais.

« Enfin, je regarde autour de moi, je sonde les différentes zones de la société française... et, puisque nous sommes ici en famille, j'avoue qu'une chose m'attriste. Il me semble — est-ce une illusion? Suis-je déjà assez vieux pour calomnier le temps présent? — Il me semble que l'amour de la patrie et la compréhension de ce sublime symbole ont faibli.

« Eh bien, que je me trompe ou non, je compte sur les jeunes, quand ils seront à l'étranger, pour tenir ferme notre drapeau ardemment adoré pour faire respecter et pour faire aimer la France. Je compte sur eux, à leur retour, pour lui donner une part de leur cœur, de leur intelligence, de leur dévouement, pour consoler et relever cette grande mutilée qui attend tout de ses fils. C'est là mon dernier vœu.

« Et maintenant, pour terminer comme j'ai commencé,

« AUX JEUNES !

qui nous remplaceront, qui nous surpasseront et qui réaliseront tout notre espoir

« POUR NOTRE SOCIÉTÉ ET POUR LA PATRIE ! »

TOAST DE M. LOUSTAU.

« Mes chers Collègues, camarades et amis,

« J'ai écouté comme vous avec une sympathique attention la judicieuse improvisation de notre cher Vice-Président, M. de Comberousse, et je récapitulais en moi-même tous les bons conseils qu'il venait de donner à ceux de nos sociétaires qui sont entrés depuis peu d'années dans la carrière, quand, tout à coup, j'ai entendu la voix du Président qui m'invitait à

répondre, au nom des jeunes membres de la Société, au discours et au toast qui venaient de leur être adressés. Je n'ai pas cru devoir décliner cet honneur, quoiqu'étant au nombre des plus anciens, puisque j'appartiens à la génération de 1830! Sans doute, me suis-je dit, le Président juge que les extrêmes se touchent, et d'ailleurs, moi-même, je me trouve jeune aujourd'hui, car le bonheur et le plaisir rajeunissent!

« Aussi, en remerciant M. de Comberousse d'avoir donné à nos jeunes amis un excellent programme à suivre, je déclare que je désire moi-même en tenir compte, *autant que faire se pourra.*

« Mais je ne veux pas enlever aux plus jeunes la satisfaction de s'adresser directement à M. de Comberousse pour leur propre compte, et je termine en le remerciant de nouveau, au nom de tous, jeunes et vieux, des sages, généreuses et patriotiques paroles qu'il vient de faire entendre. »

TOAST DE M. CAHEN.

« Messieurs,

« Je viens, au nom des jeunes, répondre au toast, à la fois éloquent et bienveillant, de l'honorable M. de Comberousse.

« Notre toast, à nous, c'est la *Marseillaise* du génie civil! J'entends... une *Marseillaise* toute pacifique, et quelque peu modifiée :

Nous entrerons dans la carrière,
Quand nos aînés.....
..... y seront encore!

« Ils y seront encore longtemps, nous l'espérons bien, et c'est là notre vœu le plus ardent.

Nous y trouverons.... la trace de leurs vertus.

« Nous y trouverons aussi celle de leur labeur; nous nous inspirerons de leurs œuvres impérissables, et nos efforts tendront à perpétuer leur gloire!

« Nous ne manquerons pas de suivre les précieuses recommandations qui viennent de nous être faites, et en si bons termes; nous irons à l'étranger, non seulement pour y puiser les enseignements résultant de la diversité des méthodes, mais aussi avec l'espoir tout patriotique de faire aimer partout la France!

« M. de Comberousse nous a engagés à cultiver l'étude des langues vivantes; c'est assurément un sage conseil, que les futurs ingénieurs suivront. Ils le feront d'autant plus facilement que l'étude des langues vivantes fait, maintenant, partie du programme de l'enseignement élémentaire. Quelques lectures ultérieures parmi les ouvrages techniques auront bien vite familiarisé les jeunes ingénieurs avec l'anglais et l'alle-

mand qui sont, pour nous, les deux langues les plus intéressantes à connaître.

« Quant à la dernière partie de la mission à laquelle nous convie M. de Comberousse, il peut compter que nous n'y faillirons pas ! — Nous nous ingénierons à édifier, pour l'avenir, une pépinière bien fournie de petits ingénieurs (qui deviendront grands) auxquels nous représenterons sans cesse les grands exemples de nos devanciers, en même temps que nous leur apprendrons à glorifier leur nom !

« Qu'il me soit permis, en terminant, de faire les vœux les plus intimement sincères pour que la fraternité la plus absolue règne toujours parmi les membre de notre grande Société !

« Que les anciens élèves de toutes les Écoles qui concourent à notre recrutement sachent qu'ils trouveront toujours ici le giron de la famille !

« Que les hampes des drapeaux de nos diverses Écoles quittent leurs couleurs, au seuil de notre Société, et qu'elles viennent se confondre et s'unir dans les plis d'un seul étendard, celui de la patrie !

« Messieurs, je bois à la gloire de nos aînés !

« *Et vive la France !* »

Liste des Membres souscripteurs.

Membres depuis 1848 *et* 1849 : MM. Laurens, Loustau, Clémandot, Chobrzynski, Richard, Trélat (Emile), Arson, Chabrier (Ernest), Biver, (Hector), Blot (Léon), Le Cler (Achille), Limet.

Abadie, Achard (François), Agnès (Antony), Anquetin (Emile), Anthoni (Ch. Gustave), d'Arcangues (Paul), Arnoult, Arrault, Aylmer (John).

Badois (Edmond), Béliard (Georges), Belleville, Berlier, Berthon (Louis-Alfred), Bezi, Bianchi, Billéma, Biver fils, Bocquet (Jules), Boudier, Bougarel, Bouhey, Bourdais, Bourdon (Alexandre), Boutmy (Gabriel), Brichaut, Brochochi (de), Buchetti.

Cabanellas, Cahen-Strauss, Cahen (Albert), Carette (Louis), Carimantrand, Casalonga, Cauvet, Chaillaux, Chaligny, Chapman, Chrétien, Clair (Alexandre), Claudin, Clerc (Auguste), Courant, Courras, Courtier.

Dallot, Danvers (Henry), de Dax, Decauville, Decaux, de Comberousse (Charles), Decazes (Elie), Delaporte (Georges), Deny (Louis), Desgrange (Charles), Desmaret (Louis-Emile), Deullin, Douau, Devaureix, Duclos, Dulac, Du Lin, Dumont (Louis.)

MM. Eiffel (Gustave), Elwell, Escande.

Flachat (Ivan), Flament (Henri), de Fonbonne, Fontaine (Hippolyte), Fortin Herrmann (Louis), Franck de Préaumont, Francq (Léon), Frion (Antoine).

Gaget (Emile), Gallois (Charles), Gallais, Garnier (Paul), Geneste (Eugène), Gérard (Joseph), Gibault (Charles), Girard (Joseph), Godillot (Georges), Gondolo (Guido), Gottschalk (Alexandre), Gottereau (Georges), Goumet, Goupillon (Arthur), Grosseteste (William), Grouselle (A.), Guérin (Louis), Guitton (Emile).

Harlingue, Hauet (Alfred), Herscher (Charles), Hersent (H.), Hovine (Ernest), Hudelo.

Javal (Ernest), Jordan, Josse (Hippolyte), Joubert (Léon), Jouffray, Jousselin (Paul).

Kern, Komarnicki (Sigismond), Komar, Kréglinger, Krémer.

Langlois (Auguste), Lanier (Georges-Gabriel), Latteux-Bazin, Laurent (Auguste), Lavezzari (Emile), Lavalette (de), Leblon (Eugène), Le Brun (Reymond), Léon (Antoine), Lemoine (Emile), Lencauchez, Léon (Alexandre), Leverbe (Jean), Litschfousse (Léon), de Loriol (Louis), Lotz-Brissonneau.

Maldant (Eugène), Mallard (Pierre), Mallet (Anatole), Mallié (Jules), Marché (Ernest), Martin (Louis), Masselin (Armand), Mathieu (Henri), Max-Lyon, Mesnard (Auguste), Meyer (Adolphe), Miston (René), Montagnier, Montupet (Antonin), Moreau (Auguste), Moreau (Henri), Moyaux, Muller (Alphonse), Monnier (Démétrius).

Neveu (Etienne), Noblot (Adophe), Noel (Charles), Nousse (Ernest).

Ogier (Louis), Olivier (Arsène), Ollivier (Achille), Orsatti (Camille).

Paupier (Léonard), Pehr de Rehausen, Péligot (Henri), Périssé (Jean), Pesce, Pettit (Marie), Pierard, Poupard.

Regnard (Louis), Rey (Louis), Roger (Paul), Rousseau (Jules), Roy (Edmond), Rose, Rubin (Arthur).

Salomon (Georges), Sailly (de), Sauvan-Deleuze, Schryver (de) Sépulchre, Severac (Jacques), Sevin (Cyrille), Seyrig (Théophile), Simon (Edouard).

Taillard, Tellier (Charles), Thirion (Charles), Thomas (Léon), Thouin (Charles), des Tournelles (Ferdinand), Tresca père, Tresca (Alfred), Tresca (Gustave).

Vaillant (Alcide), Varlet, Vaslin (Henri), de Vautheleret, Vée, Villard (Théodore), Villaume (Nicolas), Vinçotte.

Weil (Frédéric), de Wissocq (Alfred).

d'Yochet (Alfred), Zbyszowski.

VOYAGE AU HAVRE

VISITE DU PAQUEBOT TRANSATLANTIQUE LA NORMANDIE

Le départ aura lieu le samedi, 31 mars, par le train transatlantique partant de la gare Saint-Lazare à 7 heures 45 du matin. (Rendez-vous à 7 heures 1/2 dans la salle d'attente de Paris au Havre au premier étage.)

Arrivée au Havre à temps pour assister au départ pour New-York du paquebot *la France*.

L'après-midi sera consacré à l'étude des questions de l'agrandissement du port du Havre.

Communications de MM. de Coene, Bert et de Vial sur la rade du Havre et la *digue de l'Éclat*.

Visite des travaux du 9e Bassin.

A 8 heures du soir, communication de M. Boistel, sur l'éclairage de la *Normandie* par l'électricité.

Dimanche, 1er avril, à 9 heures du matin, visite de la *Normandie*.

Communications de MM. les Ingénieurs de la Compagnie Transatlantique sur la machine, les aménagements, la construction du paquebot.

Après-midi, visite aux chantiers de la *Société des forges et chantiers*.

Retour *ad libitum* et éventuellement par un bateau du Havre à Rouen (Etude des *endiguements et de la Seine maritime*).

Ceux des membres qui ne pourront prendre le train spécial de samedi. 31 mars, 7 heures 45 du matin, pourront rejoindre l'excursion au Havre par les trains du samedi 8 *heures du matin*, 1 *heure*, 6 *heures* 30, 11 *heures* 30 *du soir et minuit* 30.

Séance du 16 Mars 1882.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 mars est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. Després (Alphonse) et Soupey (Henry).

M. H. Mathieu nous a adressé la lettre suivante :

« Mon cher Président,

« J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint des exemplaires en français, avec note explicative sommaire, du mémoire de M. Suélus sur la composition chimique et les essais de rails en acier pour être mis à la disposition de ceux de nos collègues qui désireraient prendre part à la discussion qui aura lieu sur ce sujet, dans la séance du 9 mai prochain, de l'Iron and Steel Institute.

« Je crois devoir vous signaler, à ce propos, que le secrétaire de l'Iron and Steel Institute, M. Jeans, en me faisant parvenir, sur ma demande, un exemplaire en anglais dudit mémoire, m'a indiqué qu'il serait heureux de connaître d'avance les noms des ingénieurs français qui désireraient prendre part à cette discussion; si tel était le désir de quelques-uns de nos collègues, ils pourraient en informer directement M. Jeans, Victoria Street London. S. W.

« Veuillez agréer, mon cher Président, l'assurance de mes sentiments dévoués.

« H. Mathieu. »

M. le Président annonce que Messieurs les membres peuvent prendre connaissance de quelques exemplaires, en français, qui sont déposés au secrétariat.

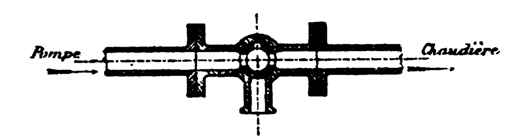
M. Burot a également adressé la lettre suivante :

« Monsieur le Président,

« Une note de M. Augustin Normand, lue à la séance du 19 janvier dernier, sur un procédé destiné à faciliter l'amorçage des pompes alimen-

taires, m'engage à vous envoyer la description d'un autre moyen peu employé malgré sa simplicité.

« Ce moyen consiste à placer entre la pompe et la chaudière, sur le tuyau de refoulement, un robinet à trois voies portant un bec d'équerre avec la conduite suivant le croquis ci-contre.



« Ce robinet permet d'intercepter la communication de la pompe avec la chaudière et de refouler l'eau au dehors par le bec libre.

« Dès que la pompe est en marche, la clef du robiuet étant tournée de façon à envoyer l'eau dans la chaudière, si le fait indiqué par M. Normand se produit, et que l'air contenu dans le corps de la pompe empêche le soulèvement des clapets, il suffit de tourner la clef du robinet pour refouler à l'air libre; la pression de la chaudière n'agissant plus sur le clapet de refoulement, la pompe s'amorce immédiatement en refoulant l'air et l'eau au dehors. Il n'y a plus alors qu'à fermer brusquement le robinet en rétablissant la communication avec la chaudière, et l'alimentation s'effectue sans inconvénients.

« Ce procédé est infaillible, surtout avec des pompes ne dépassant pas certaines dimensions et avec lesquelles l'emploi du robinet à clef est encore possible; le mauvais fonctionnement de clapets mal établis peut seul l'empêcher de réussir.

« Au lieu de refouler à air libre pour amorcer la pompe, on peut encore renvoyer l'eau dans le bassin d'alimentation s'il n'est pas trop élevé.

« J'espère que cette communication pourra avoir également son utilité, et je vous prie, Monsieur le Président, d'agréer l'assurance de mes sentiments dévoués.

« Burot. »

M. le Président rappelle que dans le procès-verbal de la dernière séance, se trouvait l'avis relatif au voyage de la Société au Havre, voyage qui aura lieu le 31 mars. Un certain nombre de membres se sont déjà fait inscrire : il serait bon que ceux qui désirent faire cette excursion et qui n'ont pas encore donné leurs noms, se fissent inscrire, le plus tôt possible, au secrétariat afin qu'on puisse prendre les mesures nécessaires pour faciliter ce voyage.

On partirait le samedi 31 mars, à 7 h. 45 du matin, de la gare Saint-Lazare, par le train qui emporte les voyageurs partant par le paquebot qui se rend à New-York. On resterait au Havre l'après-midi du samedi et la

matinée du dimanche. Dans la soirée du samedi, on verrait l'installation de l'éclairage électrique et son fonctionnement sur le paquebot.

Le dimanche matin, on aurait les communications des ingénieurs de la Compagnie Transatlantique, sur le paquebot même; puis, on pourrait visiter les bassins, les ateliers de constructions, et examiner sur place toutes les questions relatives au port du Havre, et en particulier, celle de la digue de (l'Eclat), dont il a été déjà question à la Société. Pour la visite du port et des bassins, la Compagnie Transatlantique mettra à la disposition de la société un remorqueur, qui sert aux grands navires; par conséquent, cette excursion sera très intéressante, et cela d'autant plus que l'on sera plus nombreux. M. le Président engage beaucoup les membres qui peuvent venir, à faire ce voyage, et à se faire inscrire le plus tôt possible.

La parole est donnée à M. Douau, pour la communication sur le projet de Métropolitain de M. Paul Haag.

M. Douau. Messieurs, M. Paul Haag, ingénieur des ponts et chaussés, vient de présenter une étude nouvelle sur le Métropolitain de Paris et sur l'élargissement de la rue Montmartre, après les nombreuses et intéressantes communications qui ont eu lieu dans cette enceinte, M. le président a pensé qu'il convenait d'étudier ici à nouveau les solutions nouvelles proposées, il a bien voulu nous charger de résumer devant vous le projet de cet ingénieur, c'est donc un simple compte rendu que nous avons à faire, l'auteur lui-même pourra vous donner ensuite tous les renseignements complémentaires nécessaires à justifier la solution qu'il propose.

Tout d'abord nous donnerons quelques indications sur le Métropolitain de Berlin, ouvert à l'exploitation l'année dernière, et dont M. Haag s'est inspiré pour arriver à une solution convenable donnant satisfaction aux exigences multiples du public.

Depuis dix ans environ, la ville de Berlin est dotée d'un chemin de fer de ceinture analogue à celui qui contourne Paris à l'intérieur des fortifications; comme ici, cette ligne servait à relier entre elles les principales gares de la ville et à desservir les localités suburbaines.

L'année dernière, cette ligne circulaire a été complétée par une ligne transversale allant de l'ouest à l'est, traversant le centre même de la ville, permettant aux voyageurs de pouvoir se rendre soit dans la banlieue, soit encore de prendre, au milieu même de la cité, les trains de grande ligne qui se dirigent dans les principales directions desservies par les grandes gares [1]. Telle est la *Stadt-Bahn* de Berlin, qui constitue le Métropolitain de cette ville.

La ligne part à l'ouest de Charlottenburg, où elle se rattache à l'ancienne

1. Deux grandes gares, celles de *Stettin* et d'*Anhalt*, ne sont pas, encore en communication directe avec le Métropolitain; mais elles doivent lui être ultérieurement rattachées.

ceinture et aux lignes de Hambourg, Hanovre-Cologne-Paris, Wetzlar-Metz, Postdam-Leipzig-Francfort, dessert ensuite le Jardin zoologique, a sa gare la plus importante à La Friedrichstrasse (au centre de la ville, près de la promenade des Linden), passe à la Bourse, puis, traversant les quartiers populeux de l'est, aboutit, après un parcours de 11 kilomètres environ, à la gare de Silésie, se reliant ainsi avec les lignes de Breslau et Kœnigsberg et rejoint enfin la ceinture.

Les stations sont au nombre de 9.

Sur presque tout son parcours (sur 10 kilomètres), le Métropolitain de Berlin est sur viaduc en maçonnerie ; le nombre des voies est de quatre ; deux sont destinées au transit local et aux trains de banlieue, les deux autres sont exclusivement parcourues par les trains de voyageurs des grandes lignes. Les deux services sont absolument distincts.

Le tracé n'a utilisé que fort peu les voies existantes ; on a procédé par expropriation et l'on s'est trouvé en présence d'une véritable opération de voirie, qui a permis d'assainir certains quartiers insalubres et mal habités. Les déclivités de la voie sont faibles, les courbes ont un rayon minimum de 280 mètres.

Le prix de revient a été de 65 millions environ, soit à peu près 6 millions par kilomètre.

Les stations sont de deux espèces, elles sont très bien aménagées ; quatre d'entre elles (Charlottenburg, Friedrichstrasse, Alexander Platz, Schlesischer-Bahnhof) sont destinées à la fois aux services des grandes lignes et des trains locaux ; les autres (Jardin zoologique, Bellevue, Lehrter-Bahnhof, Bourse, Jannowitz-Brücke) ne desservent que le transit local ; les trains de grande ligne ne s'y arrêtent pas.

Au rez-de-chaussée se trouvent de grandes salles de pas perdus, les guichets de distribution et les tables à bagages ; près des guichets, des escaliers donnent accès sur les quais qui sont toujours ouverts au public.

Pour le service local, c'est-à-dire sur la ligne métropolitaine proprement dite, les trains se succèdent en *semaine* de 5 heures du matin à minuit, à des intervalles réguliers de 10 minutes dans chaque sens. Le dimanche il y a 54 trains supplémentaires ; dans l'après-midi les trains passent ainsi toutes les cinq minutes ; la vitesse moyenne est d'environ 45 kilomètres à l'heure. Les trains desservent toutes les gares, puis, à partir des stations extrêmes, ils se divisent vers les différentes banlieues, ou donnent la correspondance avec les trains de ceinture, qui sont espacés d'heure en heure en semaine, et de demi-heure en demi-heure le dimanche ; il n'y a que des voitures de 2e et 3e classes.

La circulation constatée est de 20 à 25.000 voyageurs environ par jour de semaine, elle a atteint le maximum de 89.000 le dimanche.

Sur les grandes lignes, les trains également nombreux n'ont, naturellement, pas d'espacement régulier ; il est bon toutefois de faire remarquer que ceux qui se dirigent vers l'ouest (Hambourg, Cologne, Francfort et Paris) partent de la gare de Silésie, située à l'est de la ville et réciproquement.

Le service des arrivées se fait dans les inverses conditions.

Jusqu'à présent il n'y a point de service de marchandises sur la Stadt-Bahn.

Après les indications qui précèdent, et que nous avons empruntées à une note de M. Haag, publiée l'année dernière dans les *Annales des ponts et chaussées* [1], il nous reste à décrire le tracé proposé pour Paris par cet ingénieur [2].

Nous rappellerons tout d'abord que l'auteur estime que *la création du Métropolitain doit être combinée avec une grande opération de voirie dotant Paris à la fois d'un chemin de fer urbain et d'une large et spacieuse voie nouvelle.* Les conditions générales auxquelles le nouveau tracé doit satisfaire, sont les suivantes :

1° Pour la circulation locale, mettre les quartiers excentriques et la banlieue en communication facile et directe avec le centre de la ville;

2° Pour les communications à grandes distances, permettre de faire arriver les trains rapides au cœur même de la cité.

La solution aérienne, présentée déjà dans les deux projets très intéressants et que vous connaissez d'ailleurs, ceux de M. Heuzé et de M. Chrétien, paraît à M. Haag devoir être adoptée pour la ligne transversale qu'il propose, mais selon lui la percée à faire doit être considérablement augmentée, de manière à profiter de tous les avantages qui peuvent compenser dans une large mesure l'énorme dépense à faire.

Tracé. — Après examen de la topographie et de la disposition des quartiers à traverser, voici le tracé de la ligne reliant entre elles et au centre de Paris les gares de l'Ouest et de Lyon.

La ligne se détache de la gare Saint-Lazare du côté de la rue d'Amsterdam, au niveau des voies actuelles et de la cour d'arrivée, elle se trouve ainsi à une hauteur suffisante pour franchir la rue Saint-Lazare sur un pont métallique; elle coupe le passage du Havre en isolant le lycée Condorcet, suit les rues Joubert et de Provence qu'elle absorbe en partie, traverse la rue Lafayette à son intersection avec la rue du Faubourg-Montmartre, et emprunte la rue du Faubourg-Montmartre et la rue Montmartre sur toute leur longueur. Arrivée aux Halles, la voie métropolitaine suit la rue Rambuteau, avec laquelle elle se confond sur environ 200 mètres, franchit le boulevard Sébastopol et se dirige vers la rue de Rivoli qu'elle traverse à son origine, isole le lycée Charlemagne, coupe le boulevard Henri IV à la caserne des Célestins, passe par-dessus le canal entre la Bastille et la Seine et se raccorde enfin par la rue de Bercy avec la gare de Lyon.

Le développement de cette ligne serait d'environ 5 kilomètres 500, dont

1. Voir *Annales des ponts et chaussées*, août 1882.
2. *Le Métropolitain de Paris et l'élargissement de la rue Montmartre.* Paris, Lemerre, 1883.

3 kilomètres en alignement droit et le reste en courbes, le rayon minimum serait de 300 mètres, les déclivités seraient insignifiantes.

En dehors des gares extrêmes, on établirait six autres gares à peu près équidistantes, à savoir :

1. — *Gare de la Chaussée-d'Antin*, à l'angle de cette rue et de la rue de Provence.

2. — *Gare Lafayette*, à l'angle de la rue de ce nom et du Faubourg-Montmartre.

3. — *Gare de la Bourse*, à l'angle de la rue Montmartre et de la rue du Croissant. Cette gare serait affectée au double service des grandes lignes et des trains urbains et de banlieue.

4. — *Gare des Halles*, à l'angle des Halles et de la rue Rambuteau, avec aménagement spécial pour le service des denrées.

5. — *Gare de Rivoli*, à l'angle de la rue de Rivoli et de la rue François-Miron.

6. — *Gare de la Bastille*, sur le bassin même du canal entre les deux quais.

La ligne aurait quatre voies comme à Berlin, deux pour le service de la ville même et de la banlieue, les deux autres pour le service des grandes lignes.

La voie ferrée devrait avoir dans ces conditions une largeur totale de 14 mètres, soit 12 mètres entre les têtes du viaduc, en admettant un encorbellement de 1 mètre de part et d'autre ; de chaque côté existerait une voie charretière de 12 mètres au minimum, on arrive ainsi à une largeur *minima* de 36 mètres pour la percée à faire et cette dimension pourrait être avantageusement portée à 40 ou 42 mètres sur certaines sections.

Lignes accessoires. — Les autres lignes se raccordant au tronçon central seraient à deux voies et comprendraient :

1° Le raccordement direct avec la ligne du Nord au moyen d'un souterrain passant sous Montmartre. — Le point de jonction serait à la station Lafayette et on en établirait une à Clignancourt ;

2° Raccordement avec les gares d'Orléans et de Vincennes ;

3° Ligne de *petite ceinture* se détachant de la ligne de l'Ouest sous le tunnel des Batignolles, passant en souterrain sous le parc Monceau, sous l'arc de l'Étoile et sous le Trocadéro, traversant la Seine à l'aval du Champ de Mars, passant sur la ligne des Moulineaux, puis, suivant à ciel ouvert, une direction parallèle à l'avenue de Suffren, pour s'engager de nouveau en souterrain entre la rue Lecourbe et le boulevard de Vaugirard. Cette ligne desservirait la gare Montparnasse, le Luxembourg, le Panthéon et

repartirait en viaduc de la colline Sainte-Geneviève pour traverser la Halle aux Vins, puis la Seine et se souder à l'artère centrale.

La ligne de petite ceinture pourrait être en outre facilement raccordée avec les lignes d'Auteuil en partant du Trocadéro, puis avec celles de Montparnasse et de Sceaux.

Service sur le tronçon central. — Sur les deux voies réservées au service local, les trains se succéderaient de 5 en 5 minutes, par exemple, pour se distribuer ensuite dans les diverses directions de banlieue.

Pour les grandes lignes, les express se dirigeant vers Lyon ou Orléans pourraient être formés à la gare Saint-Lazare avec arrêt à la Bourse, pour y prendre des voyageurs. Inversement les trains de Calais, Le Havre et Cherbourg, partiraient de la gare de Lyon avec arrêt à la même station de la Bourse.

Pendant la nuit les deux voies de grandes lignes serviraient aux trains de denrées approvisionnant les Halles. Aucun autre mouvement de marchandises n'aurait lieu sur le Métropolitain.

Dépenses. — Pour le tronçon central, la dépense peut être évaluée à 40 millions par kilomètre, soit 35 millions pour la percée et 5 millions pour la construction du viaduc et des stations. C'est donc une dépense de 220 millions.

La petite ceinture et le raccordement de Montmartre, ayant ensemble 12 kilomètres, peuvent être estimés à 4 millions le kilomètre, soit 50 millions pour l'ensemble.

En terminant son exposé, M. Haag donne une indication sur le mode financier d'exécution de l'entreprise; il pense que si la Ville reculait devant la dépense et l'emprunt nécessaire pour y faire face, ou si l'État ne voulait pas inscrire cette somme au budget, on pourrait tourner la difficulté en faisant appel à l'industrie privée.

Une Société se chargerait de l'exécution des travaux et de l'exploitation de la nouvelle ligne, moyennant une *subvention* ou une simple *garantie d'intérêt* par la Ville et l'État, conformément à la loi de 1859.

Telles sont dans leur ensemble les dispositions principales du projet de M. Haag, qui pourra être discuté ici avec compétence et avec fruit, pour la solution qui devra être définitivement adoptée.

M. le Président, remercie M. Douau de sa communication, qui donne quelques nouveaux renseignements sur la question du Métropolitain, il prie M. Haag, qui assiste à la séance, de vouloir bien compléter ces renseignements, en donnant les détails de son projet.

M. Haag dit qu'il est reconnaissant à M. le Président de vouloir bien lui accorder la parole, et il tient d'abord à remercier M. Douau d'avoir

exposé ses propres idées sur le Métropolitain, avec beaucoup de clarté et mieux qu'il ne l'aurait fait lui-même. Son rapport rend parfaitement compte de son projet, et il n'a que peu de choses à ajouter à ce qu'il a si bien dit.

L'idée première lui a été inspirée par le Métropolitain, actuellement existant, à Berlin, inauguré l'année dernière.

En examinant le plan de la ville de Berlin et celui de la ville de Paris, on est frappé de la grande analogie qui existe à certains points de vue entre la topographie de ces deux villes, et principalement entre la disposition des grandes gares qui les desservent. — Ainsi, à Berlin comme à Paris, il y a des quartiers ouvriers, industriels, populeux, situés à l'est de la ville; à l'ouest, au contraire, se trouvent des quartiers élégants, la promenade du Jardin zoologique, l'analogue de notre bois de Boulogne. La seule différence, au point de vue topographique, c'est que Berlin est bâti sur un sol absolument plat, tandis que Paris s'élève sur un terrain très accidenté.

A Berlin, la gare de l'Ouest occupe une position assez centrale, comme notre gare Saint-Lazare. La gare de Stettin représente à peu près la gare du Nord. Il existe à l'est, deux gares qui ont une position très analogue à celle de nos gares de Lyon et d'Orléans; enfin, au sud, deux autres correspondent aux gares de Montparnasse et de Sceaux. Comme on le voit, il y a une grande analogie, sous ce rapport, entre les villes de Paris et de Berlin.

En outre, à Berlin, il existe une ceinture circulaire, exactement comme à Paris.

Pour résoudre la question du Métropolitain, à Berlin, on s'est préoccupé avant tout, de réunir les grandes gares entre elles; et, dans ce but, on a adopté un tracé qui part de la gare de Silésie et va rejoindre la gare de l'Ouest, mais qui — au lieu de se raccorder directement avec celle-ci, ce qui était difficile, puisque les lignes de l'Ouest sont au ras du sol — passe par-dessus, et va desservir le Jardin zoologique, pour venir se raccorder ensuite avec la ligne de l'Ouest, mais par la ceinture. Voilà la différence principale qui existe entre le tracé de Berlin et celui que nous proposons pour Paris. Le problème consiste en effet, dans les deux cas, à réunir les grandes gares entre elles, en même temps qu'à desservir la ville.

La solution adoptée à Vienne, et actuellement en cours d'exécution, rentre exactement dans le même esprit.

Il existe déjà à Vienne, une ligne qui réunit la Sudbahn et la ligne de Pesth, à la Nordbahn et à sa voisine, la Ferdinandbahn; on cherche, en outre, à établir une nouvelle ligne pour relier Franz-Josefbahn, avec les précédentes. Comme, à Vienne, il n'y a point de ceinture, on complète les lignes transversales par une ligne circulaire desservant la ville et se reliant à l'artère centrale.

Donc, à Berlin et à Vienne, on a toujours une artère centrale servant à relier les gares extrêmes, et différents circuits desservant la banlieue et les quartiers excentriques.

On pourrait procéder de même à Paris, et c'est ce qui a donné à l'auteur l'idée de son projet.

Pour établir un chemin de fer Métropolitain qui relie les gares entre elles, il faut bien examiner comment ces gares sont groupées. Les gares de Paris, en dehors de la gare Montparnasse, qui fait double emploi avec la gare Saint-Lazare; en dehors, aussi, de la gare de Sceaux, qui n'a pas une grande importance, — se présentent en deux groupes bien distincts : le groupe Nord-Ouest, qui se compose des gares Saint-Lazare, du Nord et de l'Est; et le groupe Sud-Est, qui comprend la gare d'Orléans et celle de Lyon, à laquelle peut se rattacher la gare de Vincennes. Le meilleur moyen pour réunir ces groupes entre eux, est de relier directement la gare Saint-Lazare à celle de Lyon.

Des considérations sérieuses motivent le choix de ces deux gares : elles sont, l'une et l'autre, au même niveau, et à un niveau supérieur à celui des rues voisines, ce qui permet de les franchir par-dessus sans difficulté. Dans une ville comme Paris, il faut être au-dessus ou au-dessous, mais il ne faut pas compter se mettre à niveau. La gare de Lyon et la gare Saint-Lazare sont à peu près à une même cote de 40 mètres au-dessus du niveau de la mer; en les réunissant, on traverse une partie de la ville qui se trouve à une cote variant entre 32 et 35 mètres; le niveau se présente donc très convenablement. Les gares du Nord et de l'Est sont à un niveau trop élevé; et la gare d'Orléans nécessiterait la traversée de la Seine. On peut d'ailleurs la raccorder facilement à celle de Lyon, en faisant un pont spécial à l'amont du pont d'Austerlitz ou en se servant du pont National.

Les gares Saint-Lazare et de Lyon étant choisies comme devant être reliées l'une à l'autre, il se trouve, par une heureuse circonstance, que ce tracé est aussi le plus avantageux à raison des points qu'il pourrait desservir : les Halles, la rue Montmartre, l'Hôtel des Postes, la Bourse, le Faubourg-Montmartre.

On objectera que ces quartiers sont difficiles à traverser, que le terrain est cher, que les expropriations seront coûteuses. — Mais il faut considérer tous les intérêts qui peuvent être satisfaits par cette percée de Paris, et chercher à concilier ces intérêts, qui sont des plus variés, et à faire rendre à cette grande opération le plus de services possibles.

Depuis quelques années, d'après les renseignements donnés par la statistique, 120 kilomètres de boulevards et de rues nouvelles ont été percés; et tout indique qu'on ne s'arrêtera pas là. Pour qui connaît Paris, il est incontestable que le mouvement des rues devient de plus en plus encombrant et que les voies sont de moins en moins proportionnées aux exigences de la circulation qu'on leur impose, quoique, dans le principe, ces mêmes voies aient semblé suffisantes, trop suffisantes même.

Il est impossible de s'arrêter complètement dans ce développement de notre viabilité, et il y a encore, dans Paris, de grandes percées à faire. Il semble alors que la direction de la rue Montmartre est tout indiquée. La

rue Montmartre, le Faubourg-Montmartre, tout le monde en convient, sont insuffisants pour la circulation actuelle

Donc, en admettant que, par la force des choses, la ville de Paris soit amenée à faire un jour, dans la rue Montmartre, une trouée semblable à celle de l'avenue de l'Opéra, par exemple, ne serait-il pas sage d'en profiter pour y établir le Métropolitain. Si la ville faisait une rue nouvelle, elle lui donnerait certainement une largeur de 30 mètres, comme elle a fait pour l'avenue de l'Opéra par exemple, ou pour le boulevard Saint-Germain. Or, si l'on fait une rue de 30 mètres, il n'en coûterait pas beaucoup plus d'augmenter la largeur de 10 mètres, et de la porter à 40 mètres au lieu de 30. La dépense complémentaire ne serait relativement pas considérable, et cela permettrait d'utiliser la voie nouvelle pour placer le viaduc central du Métropolitain et il y aurait de ce fait une grande partie de la besogne abattue.

En effet, la rue Montmartre et le Faubourg-Montmartre représentent la portion la plus importante du tracé à faire; il resterait seulement la partie nécessaire pour rejoindre la gare Saint-Lazare, d'une part, et, d'autre part, la gare de Lyon. Cette dernière section serait très utile encore, car pour la circulation des Halles à la gare de Lyon, cette ligne oblique déchargerait la rue de Lyon, la place de la Bastille et la portion de la rue de Rivoli, si encombrée, comme l'on sait, entre l'Hôtel de Ville et la tour Saint-Jacques.

On satisferait donc, par le système proposé, d'une part, à un grand intérêt de voirie, en créant de nouvelles rues indispensables et donnant des débouchés nouveaux à la circulation; et, d'autre part, on établirait la liaison cherchée entre les grandes gares existantes; enfin, en troisième lieu, on répondrait déjà, au moins partiellement, à la question du service urbain; cette solution pourrait prendre ensuite une extension qui résoudrait complètement ce dernier problème.

M. Haag pense que le chemin de fer Métropolitain est surtout destiné à desservir les quartiers excentriques, sans supprimer pour cela les omnibus et les tramways qui sont très utiles pour les petits parcours et les courses au centre de la ville, car on les prend et on les quitte facilement et comme l'on veut, à chaque pas. Pour des parcours, par exemple, de 500 ou de 600 mètres, un chemin de fer Métropolitain ne remplirait jamais absolument le même but. Si, en effet, on multiplie trop les stations, pour donner au voyageur toutes facilités de monter ou de descendre, on ôte au chemin de fer sa principale qualité, qui consiste à marcher vite; pour cela, il faut un certain espace entre les stations, 800 mètres, par exemple. Donc pour les petites courses le Métropolitain ne pourra pas satisfaire les besoins, car il faudra aller le chercher à la gare la plus proche; monter, s'il est au-dessus du sol; descendre, s'il est sous le sol, puisqu'il ne peut pas être au niveau : enfin, presque toujours, attendre le train pendant un certain temps. Il faudra faire un certain trajet pour aller à la gare, un autre pour se rendre de la station d'arrivée, à destination : pour les petits trajets,

toutes ces pertes de temps ne sont plus négligeables et l'on ne prendra certainement pas le chemin de fer.

Du reste, à Londres même, le Métropolitain sert plutôt à se rendre des banlieues ou des quartiers excentriques, à ses affaires, le matin, et à retourner chez soi, le soir, qu'à faire des courses dans le cœur de la cité pendant la journée.

Le vrai but du Métropolitain, c'est d'amener dans le centre de Paris les personnes qui restent dans les quartiers excentriques et les banlieues. En se plaçant à ce point de vue, il faut donc un chemin de fer se reliant à toutes les gares, de façon à permettre aux personnes qui habitent Auteuil, Vincennes, Saint-Cloud, Asnières, Montmorency, etc., de venir au centre de Paris sans changer de wagon; sans quoi le bénéfice du Métropolitain est perdu.

Il faut, en un mot, chercher à faire pénétrer au centre de Paris les trains venant des banlieues. Il faut ensuite arriver aux quartiers excentriques. Une fois la percée faite au centre de Paris, il est inutile d'en faire de nouvelles, car alors, par cette grande artère centrale, toutes les lignes existantes ou à créer pénétreront dans le cœur de Paris.

Maintenant, il existe également des quartiers trop éloignés du centre pour qu'on puisse s'y rendre à pied, et trop peu importants pour être desservis par une grande artère; ces quartiers seront desservis par une ligne circulaire.

A Berlin, où la circulation du Métropolitain est établie depuis un an, on a ainsi un double circuit complètement fermé. Cela permet aux trains de se diviser au sortir de l'artère centrale et de suivre les circuits en revenant à leurs points de départ. On pourrait aussi organiser des trains traversant Paris, par exemple, partant de Saint-Cloud et allant à Vincennes; de sorte que, avec l'artère centrale, on aurait une communication qui permettrait aux quartiers excentriques et à la banlieue de venir dans la ville, et même de la traverser pour se rendre à une autre banlieue.

M. Haag insiste beaucoup sur la création de cette artère centrale, parce que c'est, selon lui, la chose la plus importante et la plus coûteuse à faire. Il est incontestable qu'on donnerait ainsi une valeur considérable aux banlieues; on ferait ensuite la ligne de petite ceinture; la ceinture existante est actuellement peu utile parce qu'elle n'amène pas les voyageurs au centre; une fois la gare Saint-Lazare reliée au chemin de fer de Lyon et d'Orléans, tous les quartiers qui sont sur la ceinture seraient amenés au centre de Paris, c'est-à-dire aux Halles, à la Bourse, etc., ce qui donnerait déjà à la ceinture existante une valeur énorme.

Il existe déjà, suivant le cours de la Seine, un moyen de communication très utile : ce sont les bateaux-mouches, qui transportent environ 200 voyageurs, quand ils sont complets. Un grand omnibus à trois chevaux, ne porte que 40 voyageurs : un bateau-mouche complet vaut donc 5 omnibus à lui seul; et on peut les multiplier sur la Seine, sans gêner la circulation.

Les tramways établi sur les quais, peuvent également être multipliés sans inconvénient. On a donc, dans cette direction, une circulation très commode, qui n'existe pas à Berlin, où le petit fleuve de la Sprée n'a pas l'importance de la Seine, et est parcouru par des bateaux de très petite dimension. A Berlin non plus on n'a pas de lignes de quais. On a donc à Paris deux moyens de locomotion fort utiles, les tramways et les bateaux, qui desservent la région centrale. Avec le Métropolitain, la ligne de petite ceinture et la ceinture actuelle, Paris serait desservi d'une façon des plus satisfaisantes.

Pour les grandes lignes, le Métropolitain serait également important. A Paris, les trains qui s'en vont vers Lyon, par exemple, pour appliquer à Paris ce qui se passe à Berlin, se formeraient à la gare Saint-Lazare, traverseraient Paris et iraient à la gare de Lyon. Donc, les trains principaux se dirigeant sur Lyon pourraient prendre des voyageurs à la gare Saint-Lazare ou à la gare centrale, et, réciproquement, les trains venant de Lyon pourraient traverser Paris en passant par l'artère centrale, s'arrêter à la gare centrale pour y déposer les voyageurs venant au centre de Paris, et à la gare Saint-Lazare pour ceux habitant les quartiers de l'ouest.

De même, les voyageurs venant du nord et de l'est seraient amenés au centre de Paris, et pourraient prendre à la gare centrale la direction qu'ils voudraient choisir. L'exploitation est organisée ainsi à Berlin, où les trains venant vers Paris, partent de la gare de l'Est, prennent là les voyageurs, et les conduisent à l'ouest, vers Cologne et Paris. Les trains qui vont vers la Russie, partent de la gare de l'Ouest, traversent Berlin, s'arrêtent à la gare centrale et vont à la gare de l'Est.

Le projet actuel a l'avantage de permettre en outre l'utilisation du viaduc. Le viaduc, ayant quatre voies, présentera une largeur de 12 mètres qui permettrait d'y installer des boutiques ; il y aurait là une valeur locative qui pourrait être supérieure au rendement même du chemin de fer.

Enfin, il ne faut pas que le projet détruise la physionomie artistique de Paris.

M. Haag s'est préoccupé de cette question. Sa ligne ne traverse que des parties, de la ville, qui n'ont pas encore été pénétrées par des percements nouveaux, dont les maisons ne sont pas encore en rapport avec la valeur du sol ; ces parties n'appartiennent pas à la zone nouvelle et intéressante de la ville. On traverse le Marais, le quartier de l'Arsenal, où il y a peu d'aspects à ménager. La Seine n'est pas touchée. Les boulevards sont simplement traversés par le Métropolitain, qui modifie bien peu leur aspect. On suit le faubourg Montmartre, on passe entre la rue Lafayette et la rue de Châteaudun ; on coupe la rue Joubert et la rue de la Victoire près du temple Israélite, qui reste intact. Ces régions n'ont pas une grande importance artistique.

M. Haag s'est appliqué justement, dans cette étude, à ne pas faire un projet qui défigurât Paris, en lui enlevant cette physionomie à laquelle nous tenons tant, et que nous serions désolés de voir détruire.

M. le Président demande à M. Haag de vouloir bien ajouter quelques mots d'explication, sur les deux planches qui sont exposées.

M. Haag explique ces planches[1], qui montrent de quelle façon on pourrait utiliser la largeur de 12 mètres disponible sous le viaduc. On pourrait modifier à volonté ces aspects et leur donner une physionomie variée suivant les quartiers traversés. Il y a des quartiers comme la rue Montmartre, ou le Faubourg-Montmartre, par exemple, où il faudrait faire des boutiques ayant un certain caractère d'élégance. Du côté des Halles, les magasins seraient employés pour des dépôts de denrées, magasins de comestibles, etc., et cela, naturellement, avec une disposition moins élégante. Dans le quartier du Marais, on pourrait avoir des locaux pour l'industrie.

Le but de ces planches est aussi de montrer qu'on peut utiliser ces dessous de viaduc, en les éclairant par des vitrages placés entre les voies. On pourrait y installer des cafés et des brasseries, comme à Berlin. On pourrait aussi employer ces espaces libres pour des bureaux de poste, de téléphone, d'omnibus : tout cela trouverait son emploi, et la proximité du Métropolitain ferait rechercher ces emplacements.

Les boutiques élégantes pourraient être disposées de façon à avoir des arcades, comme dans la rue de Rivoli : cela donne un assez joli aspect. Au contraire, les dépôts de marchandises, seraient disposés en bordure. Les rues latérales, dans les quartiers centraux, auraient 15 mètres de chaque côté, soit, en tout, 30 mètres, plus les 12 mètres de viaduc, cela ferait une largeur totale de 42 mètres.

Dans les quartiers voisins de la gare de Lyon et du canal Saint-Martin, il faudrait réduire la rue latérale à 12 mètres, et ramener la largeur totale à 36 mètres au lieu de 42.

Donc, en moyenne, 36 à 42 mètres serait la largeur de percée à faire. Mais il faut remarquer que la dépense ne croît pas proportionnellement avec cette largeur.

Ce tracé coûterait environ 35 millions le kilomètre.

M. le Président remercie M. Haag de sa très intéressante communication. Il offre de donner la parole aux membres qui auraient une question à poser ou quelques renseignements complémentaires à demander à M. Haag.

M. Canovetti demande la permission de faire observer que le prix de 35 millions le kilomètre pour une voie de 40 mètres de largeur est faible pour les quartiers du centre, si toutes les dépenses sont comprises dans ce chiffre, car cela ne fait que 900 francs le mètre superficiel.

M. Haag répond que le prix de 35 millions, qu'il a indiqué, tient compte des rues existantes : par exemple, la rue Montmartre a 12 ou 15 mètres de largeur, qui sont tout acquis à la voie nouvelle. Quand on traverse les boulevards, les 40 mètres de largeur sont tout trouvés. Quand on traverse

1. Ces dessins sont présentés par M. Vaurabourg, architecte.

le canal, on a une longueur de 200 mètres environ où il n'y a pas de terrains à acquérir.

M. HAAG s'est préoccupé de tous ces détails et a trouvé que le prix moyen serait de 1,500 à 1,600 francs le mètre; mais, en tenant compte des réductions qu'il vient d'indiquer, il serait ramené à 1000 francs environ.

On a d'ailleurs une base de comparaison dans l'avenue de l'Opéra, qui est un bon exemple du genre de percée dont il est question. L'avenue de l'Opéra a une longueur d'à peu près 700 mètres; sur cette longueur, en tenant compte des expropriations, des travaux de déblai, qui ont été considérables, et des travaux de raccordement latéraux fort importants puisque les rues d'Argenteuil, des Pyramides, etc., ont dû être refaites à cause des différences de niveau, qui n'existent pas dans le projet actuel, le prix total a été de 68 millions, et la vente des terrains en bordure en a rapporté 30. Ces terrains ont été vendus de 1,000 à 1,200 fr. le mètre : c'est un prix bien au-dessous de leur valeur actuelle. On peut donc admettre que le prix de 38 millions, prix total réel, représente au maximum le percement d'une voie de 800 mètres de longueur, dans des conditions très difficiles et dans un quartier central. Cela permet donc de considérer les 35 millions par kilomètre, pour ce tracé, dans les conditions précédemment indiquées, comme un chiffre rationnel et qui peut être adopté.

M. CANOVETTI pense que le prix de 35 millions est, en effet, suffisant, si on retranche 10 ou 12 mètres, ou même simplement 8 mètres sur les 40 mètres de largeur : 8 mètres sur 40, cela fait 1/5, et le prix du mètre linéaire se trouvera augmenté d'autant. D'ailleurs, le prix de location du mètre carré de boutique est devenu si élevé qu'il rémunère presque à lui seul la moitié de la valeur des maisons actuelles. On arrive à louer des boutiques très bien situées 120 francs le mètre carré, y compris les épaisseurs des murs. Donc, 12 mètres, à 120 francs le mètre, cela ferait 1,440 francs de revenu au mètre pour la section centrale.

M. HAAG fait de nouveau remarquer que le prix qu'il donne est très modéré; il l'a pris très bas pour qu'on ne puisse pas le contester; il a compté la location à raison de 30 francs le mètre superficiel, et pense que c'est un minimum et que, dans certains quartiers, il sera certainement dépassé. Mais si 30 francs le mètre est le prix qu'on pourrait louer les boutiques, cela ferait déjà 360,000 francs le kilomètre pour 12 mètres de largeur. En réduisant la largeur à 10 mètres, pour tenir compte des espaces perdus, cela donnerait 300 francs du mètre courant.

Or, à Londres, le Métropolitain rapporte 650,000 francs du kilomètre; le chiffre de location serait donc un élément considérable dans la question.

M. CANOVETTI estime en effet que cette disposition promet un produit devant rémunérer probablement une assez grande fraction du capital émis.

M. BADOIS croit que malgré ce qui vient d'être dit, on aura beaucoup de dépenses à faire, et que ce n'est pas 35 millions qu'il faut compter, mais au moins le double, 70 millions. Pour qui connaît Paris, il est facile de voir que ce tracé prend justement les voies où le terrain coûte le plus cher.

Les dernières adjudications, dans la rue Montmartre, se sont élevées au prix de 3,000 francs le mètre; or, pour faire cette percée, il n'y a pas d'autre moyen que de porter la largeur de la rue Montmartre et du Faubourg-Montmartre de 20 mètres à 40 mètres, et d'abattre toutes maisons en façade dont la construction, outre le terrain, coûte plus de 600 francs le mètre.

Il faut prendre d'un côté de la rue et exproprier tous les magasins, toutes les boutiques. On ne voit pas bien l'utilité qu'il y aurait de couper des propriétés qui ont une valeur énorme, tout simplement pour remettre à côté, au milieu de la rue, des boutiques et des magasins qui ne seraient pas accompagnés de logements, mais en tous cas il faut prévoir des indemnités considérables pour les locataires, les industries et le commerce.

De tout cela il résulte que les bénéfices de l'exploitation de la ligne devront assurer un revenu d'au moins 4 millions par kilomètre? Si on peut le trouver, très bien! mais, si cela n'est pas assuré, il n'y a réellement pas nécessité de déposséder un quartier si vivant de ses magasins, et de déposséder de leurs maisons les commerçants du quartier, pour faire passer des chemins de fer sur leurs boutiques. Il y a assez d'autres directions où cela serait facile, sans s'attaquer à ces voies importantes, par exemple, les boulevards extérieurs.

Maintenant, ce n'est pas quatre voies qu'il faudrait, dans Paris, sur l'artère centrale du Métropolitain, pour relier ainsi toutes les grandes lignes; c'est huit voies qu'il faudrait, ou au moins six. Quand on fera passer tous les trains express de toutes les compagnies de chemins de fer sur le Métropolitain, tout le monde viendra prendre ses billets à la gare centrale, à la Bourse, pour aller dans tous les pays du monde; cela est impraticable et on n'y suffira pas, à moins d'une immense gare et de grosses dépenses.

M. Badois trouve que ce projet est fort beau, même beaucoup trop beau. on veut faire des choses incontestablement grandioses; mais il ne faut rien exagérer, et ne pas faire comme le Crédit Lyonnais, qui a dépensé 15 millions pour construire un véritable palais, dont l'amortissement exige un revenu considérable, et simplement pour y loger des bureaux.

M. Douau a été frappé de l'indication de M. Badois relative au prix des terrains; il est vrai que, dans le quartier de la Bourse, le prix de 3.400 francs tous frais payés a été atteint. Mais cela n'est qu'un cas particulier qui s'est présenté au coin de la rue Brongniart. Il y avait là 150 mètres de superficie; dans une situation exceptionnelle et à laquelle l'acquéreur tenait beaucoup; mais, il ne faut pas partir de là pour établir le prix de base total.

Cette observation faite, il y a une nécessité qui s'impose et le conseil municipal s'est occupé de la question, c'est de donner à la rue Montmartre et au Faubourg-Montmartre une ampleur qu'ils n'ont pas aujourd'hui.

M. Badois, qui connaît Paris, sait que, dans la rue Montmartre et dans le Faubourg-Montmartre, la circulation est très difficile, impossible à certaines heures, et que, dans tous les cas, elle présente des difficultés sérieuses. Il y a là une opération de voirie nécessaire, indispensable, et qui se fera

un jour; on donnera alors certainement à la voie nouvelle une largeur de 30 à 35 mètres. On devra recourir à l'expropriation. Or, on profite de l'occasion offerte, pour y établir le Métropolitain; il n'y a pas une grande incompatibilité entre ces deux questions, quoiqu'elles soient bien distinctes.

En ce qui touche l'élargissement de la rue et du Faubourg-Montmartre, tout le monde est d'accord sur l'urgence des travaux à faire. Dans ces conditions, si l'on arrive à un chiffre de 60 millions le kilomètre ou 60,000 francs le mètre courant de voie, il croit que c'est en exagérant un peu le prix du mètre carré, en le comptant 2.000 francs. On a 2 kilomètres 1/2 où le terrain est cher, c'est vrai; mais on a aussi 2 kilomètres 1/2 où le terrain ne l'est pas. Si l'on fixe à 40 millions, le coût kilométrique, ce qui exige 2 millions d'intérêt, c'est que l'opération de voirie rentre dans la question du chemin de fer métropolitain.

M. Badois répond que si l'on veut faire une opération de voirie, il faut qu'on fasse une bonne opération de voirie; et si l'on croit avoir besoin d'une largeur de 36 mètres, que ces 36 mètres restent aux voitures et à la circulation. Si au contraire on en enlève douze pour placer tout du long une digue au milieu, on fera une opération détestable. Donc, il ne faut pas confondre les deux questions de voirie et de Métropolitain, qui sont et doivent être absolument distinctes.

M. le Président. Personne ne demande plus la parole?

M. Ivan Flachat rappelle que M. Guerbigny a présenté, l'an dernier, un projet des plus intéressants: il proposait de prolonger les voies des diverses gares de Paris jusqu'au centre de la ville. Ce projet était considérable, grandiose et cependant insuffisant; il a donné lieu à quelques critiques. M. Guerbigny s'en émut et, désireux de faire aboutir son œuvre, me fit l'honneur de me consulter, il y a quelques mois. Mon avis fut de concentrer tout d'abord son attention sur une partie de ce vaste ensemble, et je lui signalai comme devant figurer au premier plan le prolongement de la ligne d'Orléans vers la place Saint-Michel et le prolongement des lignes aboutissant à la gare Saint-Lazare vers un point plus central; en lui proposant d'étudier lui-même un raccordement entre ces deux prolongements. L'idée était à peu près la même que celle que M. Haag vient de développer ce soir avec tant de chaleur et de talent; réunir la gare Saint-Lazare avec l'une des gares du faisceau au sud de Paris; mais le tracé semblerait pouvoir être exécuté à moindres frais, car, en suivant les quais de la Seine jusqu'au Pont-Neuf et la traversant ensuite, on économiserait certainement sur les expropriations. Comme M. Guerbigny assiste à la séance, il serait à propos qu'il nous communiquât le résultat de ses études dans ce sens, qui ne pourront être présentées dans un moment plus favorable.

M. Guerbigny expose qu'il a cherché à rapprocher les grandes gares du centre de Paris, par des voies aériennes. La note qu'il a communiquée à la Société, a été insérée au procès-verbal. Il ne faisait aucune expropriation. Il y avait le prolongement de la ligne du Nord jusqu'au bazar Bonne-Nou-

velle. La voie passait sous le marché de Saint-Quentin, la rue de Chabrol, suivait la rue Martel qui était élargie, traversait la rue des Petites-Écuries pour arriver à la rue Mazagran et au boulevard Bonne-Nouvelle.

La gare de la Bastille était prolongée jusqu'à l'avenue de la République, en passant sur le boulevard Richard-Lenoir en viaduc. La ligne de Lyon arrivait jusqu'au pont d'Arcole. La ligne d'Orléans était destinée, comme l'a dit tout à l'heure M. Flachat, à venir jusqu'à la fontaine Saint-Michel, et même jusqu'au Pont-Neuf, en s'appuyant sur le quai. La ligne de Sceaux devait venir jusqu'au musée de Cluny, en descendant le boulevard Saint-Michel. De chaque côté de la voie, 12 mètres de largeur étaient réservés, et la voie était installée sur un trottoir central de 4 mètres. La ligne de l'Ouest, rive gauche, était prolongée jusqu'au Pont-Neuf, par la rue de Rennes.

M. le Président adresse ses remerciements à M. Haag, pour la communication qu'il a bien voulu faire, de son projet, qui paraît ne présenter aucune objection au point de vue technique et de l'aménagement général de toute la ligne. Ce projet n'a qu'un gros point d'interrogation : ce sont ses 220 millions, et la grande opération de voirie qu'il entraîne.

M. Leprince-Ringuet estime que ce projet a au moins cet avantage qu'on peut se rendre compte, dès à présent, de l'estimation de la dépense ; tandis qu'avec un chemin de fer souterrain, on ne sait pas à quel chiffre elle s'élèvera.

M. le Président. Il y a certainement moins d'imprévu ; mais, ce qui est prévu, ce sont les 220 millions !

M. Ivan Flachat conclut que ce qu'il y a à retenir de cette discussion, c'est la très heureuse idée de réunir les deux groupes de gares : le groupe du Nord-Ouest au groupe du Sud-Est. Il y a aussi une autre idée non moins heureuse : celle de vouloir faire tout d'abord une jonction de banlieues. Dans ce qu'a dit M. Haag, une chose frappe : c'est la réunion de Vincennes et des environs avec la banlieue de l'ouest : ce sont les plus riches banlieues de Paris. Les réseaux de Lyon et d'Orléans ont une banlieue bien plus modeste.

Il faut remarquer aussi le projet d'exploitation, comme à Berlin, par un système de trains circulaires, desservant tour à tour, à droite et à gauche, au nord et au midi, la banlieue de la grande ville, et l'amenant sur le tronc commun au cœur de la Cité ; il y a là une idée nouvelle sur laquelle M. Flachat croit bon d'attirer l'attention de la Société.

M. Ivan Flachat est heureux de constater en terminant, que la jonction qu'il a recommandée à M. Guerbigny faisait, au même moment, l'objet d'une étude aussi remarquable que celle qui vient d'être exposée, et il estime que nous devons des remerciements à M. Douau pour l'avoir ainsi mise en lumière après tant d'autres projets qui partent de points de vue différents.

M. Douau ajoute un mot sur le Métropolitain de Berlin. Le nombre des

trains qui circulent sur la « Stadtbahn » est de 442 par jour. Actuellement, sur ces 442 trains, il y en a 162 qui font le service de banlieue, c'est-à-dire qui, partant d'un point extrême, se divisent sur les différentes branches du réseau. M. Douau croit que c'est un chiffre qui n'est pas atteint actuellement dans nos gares; ce qui prouve que l'exploitation peut se faire là dans de bonnes conditions, en réalisant des avantages qu'on ne peut pas supposer.

M. Aug. Moreau constate avec étonnement que personne dans la discussion qui précède ne s'est préoccupé des frais d'exploitation de ce chemin de fer qui doit avoir quatre voies. M. Haag a-t-il étudié cette question fort importante? Les frais de construction sont très élevées, et atteindront bien, comme le dit M. Badois, 70 millions par kilomètre, représentant déjà 3 millions et demi d'intérêt du capital de premier établissement; si les frais d'exploitation sont eux-mêmes assez forts, l'entreprise deviendra purement théorique et irréalisable en pratique. Il eût été bon également de se préoccuper de la question du trafic probable qui, mis en face des dépenses, peut seule montrer si c'est dans des limites acceptables que l'on s'adressera à la garantie d'intérêt pour combler le déficit.

M. Haag répond qu'il y a différents intérêts engagés par la solution qu'il propose; et ce serait trop demander à l'exploitation qu'elle payât à elle seule tous les frais, d'ailleurs ces frais seront allégés par la location de boutiques qu'on peut admettre atteignant 300,000 francs à peu près de revenu par kilomètre.

M. Aug. Moreau trouve que c'est bien peu de chose à côté de la somme totale nécessaire pour couvrir les frais.

M. Haag. C'est un minimum. Il y aura ensuite le revenu du chemin de fer lui-même. A Londres, il est de 650,000 francs par kilomètre, comme recette brute, et l'on peut admettre ce chiffre pour Paris. En outre le réseau central ferait un service que ne fait pas le Métropolitain de Londres : le service des Halles. Ce service donnerait un rendement assuré et considérable. M. Haag croit donc que le rendement serait facilement de 650,000 francs, comme à Londres en y ajoutant les 300,000 francs des boutiques, cela représente un rendement probable de près d'un million. Les frais d'exploitation seraient peut-être de 50 pour 100 ou de 40 pour 100, qui pourraient être déduits de ce chiffre.

M. Auguste Moreau affirme que les frais d'exploitation dépasseront certainement 50 pour 100, à plus forte raison 40. Aucune des six lignes du Métropolitain de Londres n'exploite à moins de 50 pour 100 quoi qu'on en ait prétendu quelquefois.

M. le Président. A Londres, il n'y a que deux des voies de M. Haag qui servent à la circulation. Sur l'autre voie, qui serait une voie de transit et servirait à transporter les voyageurs d'une gare à une autre, on ferait payer ces kilomètres spéciaux plus cher; cette dépense remplacerait, pour le voyageur, le prix de la voiture qu'il faut prendre pour aller à la gare.

M. Haag croit qu'on pourrait admettre 40 pour 100 pour les frais d'exploitation.

M. Auguste Moreau répète que le projet, pour être complet, devrait encore être accompagné d'une estimation du trafic probable, sans quoi, il ne reste qu'une question technique qui peut être mort-née et industriellement irréalisable.

M. Haag répond que pour ce qui est du trafic, il croit difficile d'avoir un chiffre sérieux. On tombe souvent dans le faux en prenant pour base ce qui existe et en voulant l'appliquer à une création nouvelle. Ainsi, on a vu des lignes d'omnibus qui avaient un petit rendement avec les omnibus à deux chevaux, et qui, parcourues plus tard par des tramways, donnaient un bénéfice beaucoup plus considérable. En augmentant la circulation, on change complètement les conditions de l'exploitation. Il pense que le chiffre du Métropolitain de Londres peut seul donner une idée du rendement du Métropolitain de Paris.

M. Auguste Moreau ne le pense pas, et cela non seulement parce que Londres est beaucoup plus peuplé que Paris, mais parce que cette population n'est pas distribuée comme à Paris : elle est répandue sur une bien plus grande surface. Il en résulte qu'à Londres on vient d'assez loin au centre de la ville, le matin, pour ses affaires, et on s'en retourne le soir, chez soi, par la même voie en parcourant en chemin de fer un nombre important de kilomètres. Il y a là deux fois par jour un mouvement considérable de l'extérieur au centre et du centre au dehors. Mais, à Paris, on fait beaucoup plus de courses dans le centre même ; la population se remue dans un cercle beaucoup plus restreint, dans une zone moins étendue et comme conséquence le Métropolitain de Paris réalisera certainement une recette beaucoup plus faible que celui de Londres.

M. le Président trouve que nous ne sommes pas dans les mêmes conditions qu'à Londres. Si nous avions les mêmes facilités pour aller à la campagne, nous serions certainement très heureux d'en profiter.

M. Auguste Moreau croit qu'il faut surtout considérer qu'à Londres la population est très éparpillée ; ainsi les maisons sont généralement peu élevées, et n'ont pas toutes six étages comme en France où la population est très condensée; la circulation ne sera donc pas la même dans les deux cas.

M. Boudenoot approuve M. Haag de s'être préoccupé, dans son projet, de ce que les cotes des gares terminus de la grande artère sont à peu près les mêmes, ce qui est important, puisqu'on peut réunir facilement ces deux gares, qui sont au même niveau.

M. Guerbigny, au contraire, dans son projet qui a pour but de prolonger les différentes lignes, n'a pas tenu compte de cette différence de niveau. On prolonge la ligne du Nord jusqu'à la rue Saint-Denis ; on a dit qu'on descendrait en souterrain. Il semble cependant que la gare du Nord est plus élevée que la rue Saint-Denis.

M. Guerbigny répond que la ligne serait souterraine à partir du pont Saint-Ange ; elle s'abaisserait pour passer sous la rue de Saint-Quentin. Maintenant, au marché de la rue de Chabrol, il y a une déclivité considérable, qui permettrait d'arriver au boulevard Bonne-Nouvelle, en surélévation.

M. Boudenoot trouve qu'il y a une étude à faire, au point de vue des déclivités. La gare du Nord étant plus élevée que le marché de Chabrol, il y aura une pente extrêmement forte lorsqu'il faudra passer sous ce marché.

La même remarque s'applique à la gare de Sceaux, puisque le projet en question a pour but de réunir la gare de Sceaux au pont Saint-Michel.

M. Guerbigny. Non pas jusqu'au pont Saint-Michel, parce qu'il y aurait trop de difficulté.

M. le Président clôt momentanément, la discussion. Elle pourra être reprise quand d'autres projets seront étudiés. L'année passée, on a examiné beaucoup de tracés, et la discussion des moyens de traction a été réservée ; il sera intéressant de reprendre méthodiquement ces questions. Dans le projet de M. Haag, il y a encore un nouveau point de vue : c'est un viaduc qui suit une large voie, une espèce de rue de Rome, dont les maisons auront une grande valeur, et qui auront jusqu'à 11 heures, minuit, l'inconvénient du passage des trains, par conséquent, l'emploi du moyen de traction présente un grand intérêt. C'est pour cela que, dans une de nos prochaines séances, nous examinerons la question de prendre des moyens de traverser la ville de Paris, avec d'autres moteurs que ceux que nous avons.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur le transport de la force motrice par l'électricité.

M. le Président demande à M. Boistel, qui n'a pas assisté à la dernière séance, de vouloir bien donner quelques explications sur la manière dont il envisage la question.

M. Boistel regrette d'avoir été privé d'assister aux deux dernières séances, dans lesquelles on a beaucoup parlé de cette question de la transmission de la force par l'électricité. M. Cabanellas a exposé très savamment ses idées sur la question dans la première séance, et, dans la dernière, M. Tresca a bien voulu nous rapporter, avec l'autorité qui s'attache à tout ce qu'il étudie, les résultats des expériences qu'il a suivies au chemin de fer du Nord. L'exposé a été long et complet ; la discussion a été très animée ; j'ai lu avec intérêt les comptes rendus, et M. Boistel aurait ajouté peu de chose à ce qui a été dit, s'il avait été présent aux séances. Mais, il y a un point qui, dans le compte rendu, a attiré son attention : c'est une observation faite par M. le Président à M. Tresca.

M. le Président a demandé à M. Tresca pourquoi on avait employé, dans les expériences du chemin de fer du Nord, une machine génératrice capable de produire 50 chevaux, pour ne lui faire produire que 6 ou 10 chevaux ; et M. le Président, fort judicieusement, a demandé à M. Tresca si cette faible utilisation de la machine primaire n'était pas une conséquence forcée de la distance des deux machines, de la résistance du circuit.

M. Tresca, désirant se renfermer dans son rôle d'expérimentateur, d'investigateur des expériences soumises à son appréciation, n'a pas voulu se prononcer sur cette question.

M. Boistel demande la permission de dire ce qu'il pense, sur ce point particulier, et espère que son explication paraîtra plausible et confirmera ce que M. le Président avait énoncé.

Lorsque l'on veut établir un transport de force par l'électricité, il faut toujours une machine primaire ou productrice et une machine secondaire ou réceptrice.

Si l'on prend deux machines identiques, et que l'on essaye de les faire tourner à la main, lorsqu'elles ne sont pas réunies entre elles, on les fait tourner facilement avec le doigt; on fait tourner la bobine sans même que cette action exige un effort appréciable; on fait tourner, sans effort, la machine *à vide*, c'est-à-dire lorsque les deux pôles ne sont pas connectés. — Si, au contraire, cette machine étant actionnée par une courroie mue par un moteur quelconque, on met la machine en court circuit, c'est-à-dire si l'on réunit les deux pôles par un conducteur court, de résistance pour ainsi dire nulle, il faut un effort considérable pour faire tourner la machine.

Cet effet est très sensible dans les essais de machines; s'il arrive que la machine se trouve mise accidentellement en court circuit, la courroie tombe immédiatement, parce que le travail absorbé par la machine devient considérable; le courant est transformé en chaleur, et la machine présente une très grande résistance : alors la courroie tombe, et cela est heureux, parce que, autrement, la machine serait bientôt brûlée et mise hors de service.

Donc, premier cas, dans lequel les pôles des machines n'étant pas connectés les machines tournent à circuit ouvert, sans produire de travail, et sans offrir de résistance; et, second cas, dans lequel les machines sont *en court circuit* et absorbent un travail considérable. — Entre ces deux points là, il y a une ligne non interrompue d'augmentation du travail absorbé par la rotation.

Si, au lieu de considérer une machine comme étant à circuit ouvert, je la considère comme ayant ses deux pôles réunis par un circuit infini, cela reviendra au même. On peut évidemment assimiler ces deux cas.

Si, maintenant, on part du cas où la machine est en court circuit, et où, par conséquent, la résistance est considérable, si, par exemple, on considère une machine primaire, réunie par un très court circuit, de résistance pour ainsi dire nulle, avec une machine secondaire, si la machine

primaire est de dimensions suffisantes, elle pourra absorber, supposons, 50 chevaux. Mais, lorsqu'on éloigne les deux machines en les laissant toujours reliées entre elles, bien entendu, par un conducteur dont la résistance ira en augmentant, on ne peut plus faire absorber, à la première machine, que moins de travail que lorsque les machines étaient rapprochées et d'autant moins que la résistance du circuit augmentera.

C'est ce qui s'est passé au chemin de fer du Nord : la machine primaire aurait pu absorber 50 chevaux; mais, à cause de la résistance considérable de la ligne, qui était de 160 ohms, ce qui, joint à celle des machines qui était de 139 ohms, faisait une résistance totale de 299 ohms, il était impossible de faire absorber à la machine primaire les 50 chevaux qu'elle aurait pu absorber en court circuit. Cette machine pouvait absorber certainement plus de 10 chevaux, mais elle ne pouvait pas absorber les 50 chevaux, qu'elle aurait pu absorber dans d'autres circonstances.

D'une façon générale le *rendement* est indépendant de la distance, c'est-à-dire ce qu'on appelle *rendement* en mécanique. Cette phrase a donné lieu à de mauvaises interprétations parce qu'on ne comprenait pas le sens du mot *rendement*. Mais si l'on observe que le *rendement* est le rapport du travail récupéré par la machine secondaire au travail absorbé par la machine primaire, alors le *rendement* est bien indépendant de la distance. Seulement, dans le cas où les machines sont en court circuit, la machine primaire absorbera, par exemple, 50 chevaux et, si le rendement est de 50 pour 100, la machine secondaire rendra 25 chevaux. Si l'on augmente la résistance du conducteur entre les deux machines, la première machine n'absorbera plus que 25 chevaux, par exemple, et la seconde en rendra 12 1/2; ce sera toujours 50 pour 100. Le rendement est indépendant de la distance; il sera toujours de 50 pour 100 dans le cas considéré; mais ce que peut produire la première machine varie considérablement, suivant la résistance du circuit extérieur.

Pour fixer les idées sur l'action de la résistance du circuit extérieur et vous faire voir combien l'*effet utile* est dépendant de la distance, c'est-à-dire de la résistance du conducteur, il est bon de citer un exemple. On prend deux machines Siemens, identiques, qui peuvent produire, à la vitesse de 900 tours, sur un circuit peu résistant, un courant de 58,5 ampères et 168 volts. Si l'on commence par placer ces machines à une faible distance l'une de l'autre, en les réunissant par un conducteur qui ne présente, pour ainsi dire, pas de résistance, on peut obtenir un rendement de 54 pour 100. Si l'on intercale entre ces deux machines une résistance d'un demi-ohm, qui est équivalente à la résistance d'un câble composé de sept brins de fil de cuivre, de $1^{mm},7$ de diamètre, présentant une section totale d'environ 16 millimètres carrés, ou à un fil de cuivre de $4^{mm},5$ de diamètre, et de 416 mètres de longueur, on n'aura plus qu'un effet utile de 41 pour 100 du travail absorbé dans le premier cas par la machine primaire. Si l'on porte la résistance à 1 ohm, en intercalant 833 mètres de ce même câble, l'effet utile s'abaisse à 28,8 pour 100; et avec un ohm et demi de résistance, c'est-à-

dire, en portant à 1250 mètres de longueur de ce même câble, il tombe à 15,8 pour 100.

Lorsque les deux machines sont identiques, la distance, et la résistance de la ligne par conséquent, ont une influence considérable sur le travail qu'on peut demander à la machine secondaire; si l'on veut obtenir la même quantité de travail sur l'arbre de la machine secondaire lorsque les machines sont distantes que lorsqu'elles sont rapprochées, on est obligé de changer la machine primaire, et il est facile de démontrer qu'il faut alors augmenter la force électromotrice de la machine primaire proportionnellement à la racine carrée de la résistance de la ligne.

M. Boistel montre ensuite combien il est simple de calculer, dans chaque cas, quelle sera la quantité de travail récupéré. Il ignore pourquoi, si ce n'est dans un but de publicité, on veut recommencer les expériences du chemin de fer du Nord en faisant varier les conditions de l'expérience, attendu que, par le calcul, on peut démontrer facilement quels seront les résultats.

Il prend en effet comme exemple la machine qu'il envisageait tout à l'heure.

Il désigne par E les forces électromotrices des machines primaires et secondaire; par P les différences de potentiel aux bornes des machines; par I l'intensité de courant dans tout le circuit; par V les vitesses des machines; par R leurs résistances, et par F le travail absorbé par les noyaux en fer des machines, en affectant de l'indice 1 toutes les quantités relatives à la machine primaire, et de l'indice 2 toutes celles relatives à la machine secondaire, enfin, par T_1 le travail absorbé par la machine primaire, et par T_2 le travail restitué par la machine secondaire, et par U le rapport de ces deux travaux, ou le *rendement*.

La machine considérée donne à la vitesse de 900 tours, une force électromotrice de 168 volts et une intensité de 58.5 ampères; sa résistance est de $0^{ohm}42$; si l'on suppose nulle la résistance du circuit intercalé, la machine primaire ayant une force électromotrice, appelée E_1 de 168 volts, aura une différence de potentiel, à ses 2 pôles, P_1, donnée par l'équation :

$$P_1 = E_1 - IR_1.$$

Or, $$E_1 = 168$$

$$I = 58.5$$

$$R_1 = 0.42$$

D'où $$P_1 = 143 \text{ volts.}$$

Puisqu'on suppose que la ligne était sans résistance, on a $P_2 = P_1$, et la force électromotrice de la machine secondaire sera :

$$E_2 = P_2 - IR_2;$$

$$\text{ou} = 143 - (58.5 \times 0,42) = 118.$$

Donc, la force électromotrice de la machine secondaire sera de

118 volts, lorsque la force électromotrice de la machine primaire sera de 168.

Les forces électromotrices sont en rapport direct des vitesses. On peut donc trouver la vitesse V_2 par l'équation :

$$V_2 = 900 \frac{118}{168} = 632.$$

Donc, si l'on suppose deux machines identiques, la machine primaire tournant à la vitesse de 900 tours, la machine secondaire tournera à la vitesse de 632 tours.

Maintenant, le travail absorbé par la machine primaire est égal d'abord à

$$\frac{E_1 I}{9.81 \times 75} = E_1 I \frac{1}{9.81 \times 75} = E_1 I \times 0{,}00136 = 12^{ch}2.$$

Puis, il faut augmenter ce travail du travail perdu dans le noyau en fer de la bobine. Il y a là une absorption de travail qu'il ne faut pas négliger, quoi qu'en disent certains auteurs.

Elle n'est pas du tout négligeable, puisque voilà une machine qui va absorber de ce fait 2 chevaux de plus. Ce travail désigné par F_1, est égal à $p\,E_1^2$, p étant égal à $\frac{6}{n^2}$, et n étant le nombre de spires de fil sur la bobine. La bobine de la machine considérée ayant 288 spires, $p = 0{,}00007$ et $pE_1^2 = 2$ chevaux.

Il faut ajouter ces deux chevaux au travail absorbé par la machine primaire, qui absorbe, alors, en tout, $T_1 = 14^{ch}2$.

Maintenant le travail restitué par la machine secondaire sera

$$T_2 = cE_2I - pE_2^2 = 7^{ch}6$$

d'où le *rendement* $U = \frac{T_2}{T_1} = 54$ pour 100, comme je vous le disais tout à l'heure, dans le cas où les deux machines considérées, identiques, sont reliées par un circuit sans résistance appréciable.

Maintenant, si l'on suppose que la ligne ait une résistance de 1/2 ohm, au lieu d'avoir $P_1 = P_2$, on aura à diminuer P_1 du produit de l'intensité du courant par la résistance de 1/2 ohm, $P_2 = P_1 - I\rho$ en appelant ρ la résistance de la ligne, et, par conséquent, si l'effort sur la poulie de la réceptrice n'a pas varié, au lieu d'avoir une vitesse de 632 tours à la machine secondaire, on n'aura plus que 476 tours; par conséquent, un travail moindre, qui ne sera plus que de 41 pour 100 du travail qu'absorbait tout à l'heure la machine primaire.

Si l'on passe à des résistances de ligne de 1 et de 1 1/2 ohms, l'effort sur la poulie de la réceptrice restant constant, on tombe à un travail récupéré

de 28.8 et de 15.8 pour 100. — On voit qu'on peut toujours calculer facilement quelle sera la quantité de travail transporté.

M. le Président demande si le coefficient de travail absorbé par le noyau, introduit dans cette formule, représente la différence que M. Tresca constatait, entre le travail donné à une machine et le travail qu'elle avait rendu, et qu'il ne retrouvait pas; cette différence pourrait alors se trouver dans le travail absorbé par le noyau, et la correction de M. Boistel pourrait intervenir.

M. Boistel répond affirmativement et insiste sur ce fait qu'en tous cas, on peut toujours calculer une transmission de force, et que la résistance de la ligne a une influence considérable sur la quantité de travail transporté. Au chemin de fer du Nord, si l'on avait pris un fil de cuivre de 4 millimètres, au lieu d'un fil de fer, on aurait eu un effet utile plus grand; on aurait pu récolter sur l'arbre de la machine secondaire plus de 156 kilogrammètres.

La question dépend toujours du prix d'établissement que l'on s'impose comme maximum, et de ce que vaut la transmission électrique. Ainsi, dans certains pays où le charbon coûte très cher, par exemple, et où il y a des cours d'eau, on peut avoir intérêt à créer des lignes coûteuses, parce qu'on n'a pas autre chose pour les remplacer.

M. Boistel a étudié, pour un pays qui se trouve dans ces conditions, une transmission de force de 200 chevaux à 50 kilomètres, et est arrivé à un rendement de 33 pour 100.

Il est vrai que le prix total de l'installation se monte à 1,925,000 francs, dans lequel il y a tout bonnement 300,000 francs de machines, et 1,625,000 francs de câble! Ce n'est pas un fil de fer télégraphique naturellement. Il faut un câble composé de nombreux fils de cuivre de conductibilité suffisante; et, à 50 kilomètres, on obtient un rendement de 33 pour 100.

M. le Président demande quel est le diamètre du fil?

M. Boistel. A supposé que les 200 chevaux seraient transportés en 10 groupes de 20 chevaux chacun; par conséquent, il emploie 20 câbles, 10 pour aller, 10 pour revenir. Chaque câble équivaut à un fil de cuivre de 9 millimètres 1/2 de diamètre, pesant 623 kilogrammes le kilomètre. Il y en a 1,000 kilomètres, et le prix total des conducteurs est 1,625,000 francs. Mais les personnes pour lesquelles il a étudié cette question lui ont dit que cela leur était égal. La houille leur coûte 1,800 francs la tonne. Il faut faire le transport sur 170 lieues à dos de lamas, qui ne portent que 40 kilogrammes chacun. C'est dans une contrée où les habitants ont brûlé tout le bois. Mais ils ont des chutes d'eau considérables, que l'on utiliserait pour actionner les machines électriques.

M. le Président prie M. Boistel de nous apporter un jour la description de ces appareils et lui demande s'il a encore quelque chose à dire sur ce sujet.

M. Boistel peut encore parler un peu, non pas de chemin de fer métropolitain, mais d'un projet qui s'y rattache, qu'il a étudié avec MM. Chabrier et Charton et dont il a déjà dit quelques mots ici, il y a dix-huit mois. On a dit que ce projet de chemin de fer métropolitain avait été écarté par la commission du conseil municipal; c'est une erreur, attendu que ces Messieurs n'ont pas présenté de projet de chemin de fer métropolitain. Ils n'ont pas voulu se lancer dans des études très complètes d'un réseau de chemin de fer métropolitain, comme celles qui ont été exposées par plusieurs de nos collègues. Ils ont demandé simplement à faire une démonstration pratique de la traction électrique et à poursuivre l'expérience entreprise, avec un plein succès, à l'Exposition d'électricité. Ils ont demandé au Conseil municipal et au Préfet de la Seine, l'autorisation d'installer un chemin de fer électrique, sur les boulevards extérieurs, depuis La Villette jusqu'à la place Moncey. Ces Messieurs voulaient aller jusqu'à la place de l'Etoile; mais on leur a répondu qu'il fallait se contenter de la partie des boulevards extérieurs où il y avait deux contre-allées, et on les a limités à la place Clichy.

La ligne aurait 3,077 mètres de long. Il y aurait 9 stations, séparées les unes des autres par une distance moyenne de 325 mètres. Les stations seraient : La Villette, rue du Château-Landon, La Chapelle, rue de Maubeuge, boulevard Magenta, boulevard Rochechouart, collège Rollin, place Pigalle, place Blanche, et place Clichy.

Le projet consiste à faire un service dans le genre des omnibus, c'est-à-dire, des voitures isolées, passant fréquemment, toutes les deux minutes, dans chaque sens. L'administration a fait observer que si la traction électrique ne réussissait pas, il ne faudrait pas que toute la construction fût perdue, et qu'il fallait installer le viaduc dans des conditions beaucoup plus solides qu'il n'était prévu, de façon à ce qu'il pût être, au besoin, raccordé avec le chemin de fer métropolitain projeté, et que des trains entiers pussent passer sur ce viaduc. On a imposé, comme conséquence, de ne pas dépasser 20 millimètres pour les rampes, et de ne pas descendre au-dessous de 300 mètres de rayon pour les courbes, tandis que le projet primitif permettait de remonter jusqu'à 30 millimètres et de passer dans des courbes de 80 mètres. Le chemin de fer en viaduc, passe à $4^m,75$ au minimum, au-dessus du sol, et dans certains cas s'élève jusqu'à 10 mètres.

On part de la cote de $52^m,49$ (cote du terrain) à La Villette, pour passer à 68^m15 au boulevard Rochechouart, et arriver à la place Clichy à la cote de $60^m,59$. Le parcours est très accidenté, on a dû surélever le viaduc, en certains points, jusqu'à 10 mètres, bien que sa hauteur normale soit de $4^m,75$.

On a supposé que le trajet d'un terminus à l'autre, serait effectué en vingt minutes, et, pour la sécurité du trafic, ces messieurs ont voulu que les parcours entre deux stations quelconques fussent effectués dans le même temps. Cela n'est pas difficile, car les distances entre les différentes sta-

sons s'éloignent peu de la moyenne de 325 mètres. Il y a dans cette condition un avantage notable au point de vue de la traction électrique.

On avait d'abord pensé à ne se servir que des rails comme conducteurs, et à constituer ainsi un magasin général d'électricité, pour ainsi dire, dans lequel chaque voiture aurait puisé ce dont elle aurait eu besoin. Cela amenait à une dépense d'exploitation assez élevée, parce que, pour certains points, comme la rampe du boulevard Rochechouart, où le travail nécessaire est de $14^{ch}1/2$ pour monter une voiture pesant 8,000 kilo grammes avec ses 40 voyageurs, il fallait avoir constamment ces $14^{ch}1/2$ disponibles pour chaque voiture tout le long de la ligne. Comme il y aura 18 voitures en marche simultanément, 9 dans chaque sens, il aurait fallu 260 chevaux de force constamment disponible. C'eût été trop coûteux. Comme chaque voiture n'a besoin sur la majeure partie du parcours, que d'une force de 5 à 6 chevaux, la ligne, a été sectionnée et, au lieu d'avoir un réservoir commun dans lequel on aurait pris, pour chaque voiture, la quantité de courant nécessaire, on aurait une série de tronçons recevant chacun, par un câble spécial, le courant nécessaire au remorquage nécessaire dans ce tronçon. Une usine centrale serait située derrière la gare du Nord ou l'hôpital Lariboisière, et enverrait l'électricité à chaque station, et chaque voiture trouverait, en passant d'une section à une autre, la quantité d'électricité nécessaire pour vaincre son effort de traction sur la section où elle s'engagerait. On réaliserait ainsi une forte économie, et dans la dépense d'installation de l'usine centrale, et dans les dépenses journalières d'exploitation. Le viaduc serait analogue à tous les viaducs de chemin de fer, constitué par des poutres en tôle entretoisées et contreventées et portées sur des colonnes en fonte.

La question est encore à l'étude; mais M. Boistel tient à dire que, jusqu'ici, ses collaborateurs et lui ne se sont pas posés comme auteurs d'un tracé de Métropolitain : ils ont seulement demandé à faire une application industrielle de la traction électrique. Si l'on doit, plus tard, adopter comme il le pense, un système de traction autre que la traction par locomotives ordinaires, sur un Métropolitain bordé par des maisons de luxe, et si l'on veut y adopter la traction électrique, il lui a paru utile qu'on ait vu dans Paris ce nouveau mode de traction fonctionner, afin qu'on ait en lui la confiance nécessaire pour se lancer dans l'exécution d'un projet général.

M. le Président remercie M. Boistel de sa communication.

La séance est levée à onze heures.

ÉTUDE

SUR LA

CONSTITUTION MOLÉCULAIRE DES CORPS

SUR LES LOIS DES VOLUMES MOLÉCULAIRES

DES CHALEURS SPÉCIFIQUES ET DES DILATATIONS

PRÉCÉDÉE D'UNE INTRODUCTION

SUR LA DÉFINITION DE LA LOI ET CELLE DE LA FORCE

PAR M. G. H. LOVE.

INTRODUCTION

> « On voit combien l'*hypothèse* que l'on adopte sur la nature de la lumière et de la chaleur peut changer la manière de concevoir *leurs actions* chimiques, et combien il importe de ne pas se méprendre sur la véritable théorie, pour arriver enfin à la découverte des *principes* de la mécanique moléculaire, dont la connaissance jetterait un si grand jour sur la chimie.
>
> « Aug. FRESNEL. »

I

Le mémoire qui va suivre et qui a été lu à la Société des ingénieurs civils dans la séance du 1er décembre 1882 forme, avec la définition de la *loi* et de la *force*, la première partie d'un long travail dont je m'occupe depuis une douzaine d'années et qui a pour titre: *Recherches des lois naturelles et positives dans les sciences d'observation*. Rien n'étant changé, par la publication partielle de ce travail, dans le but poursuivi, l'utilité de m'expliquer sur ce titre reste entière; je dirai donc qu'il est motivé d'abord dans sa signification générale, par le fait qu'il s'agit de lois nombreuses qui intéressent *la résistance des matériaux*, base de l'art de l'ingénieur; *la chimie* et *la physique*; ensuite, par la raison que, dans le procédé qui y conduit, j'ai écarté

systématiquement toute hypothèse, toute théorie pour m'en tenir à la mise en épure géométrique plane des données expérimentales *aussi nombreuses que possible*, partagées en deux séries de variables; et à la traduction sévère rigoureuse en langage algébrique de leurs *termes positifs*.

Il s'agit donc bien, dans l'espèce, de lois *naturelles*, puisqu'il n'y entre que des matériaux d'observation; de *lois positives*, puisque dans les données expérimentales on ne prend que celles, toujours de beaucoup les plus nombreuses, qui se relient facilement par une ligne géométrique quelconque. On voit ici le rôle utile indispensable de l'épure. Car, outre qu'elle donne souvent d'emblée la loi, quand celle-ci est exprimée par une ligne droite; ou une indication première de la famille à laquelle la courbe qui l'exprime appartient; elle dévoile nettement à la vue les données dissidentes, justement appelées *négatives*, qui ne doivent pas concourir à l'établissement de la loi. De plus, si l'on a pris soin de noter, dans un procès-verbal, les moindres incidents de l'expérience se rapportant à l'objet expérimenté, à sa forme, sa texture, son mode de fabrication, aux incidents de celle-ci, aux oublis ou fautes de l'expérimentateur, à l'appareil lui-même, etc., il est rare que l'on ne trouve pas la raison d'être des anomalies observées, et l'on apprend à les éviter quand cela est possible. En tout cas, on apprend l'utilité de multiplier les expériences ou les observations, puisqu'elles se contrôlent mutuellement; et qu'elles permettent, ce contrôle fait et les données négatives écartées, d'en conserver un nombre relativement très grand pour établir la loi avec sécurité. Je ne saurais omettre d'ajouter que, cette expérience acquise, on est absolument guéri de toute tentation d'accorder une confiance quelconque à ces lois idéales dites *rationnelles* où n'entrent que des expériences, en nombre toujours restreint, délayées, perdues au milieu d'hypothèses dues à une *raison* dévoyée par des idées préconçues.

II

Dans la crainte d'allonger ma communication verbale au delà de ce que l'on peut imposer à la plus robuste attention, j'ai omis la partie traitant de la *loi* et de la *force*; me bornant à la remplacer par quelques observations incidentes indiquant mon opinion sur ce double objet.

Ce que j'en ai dit, cependant, a suffi pour qu'un certain nombre de mes collègues aient exprimé le désir de me voir, autant que possible, compléter mon mémoire sous ce rapport. Je dois dire que ce complément m'avait paru également indispensable pour donner toute sa valeur à la manière dont j'entends les chaleurs spécifiques, les dilatations, etc., et les lois qui les concernent; et aussi pour rectifier l'idée que se font de la loi quelques savants et la définition générale qu'en a donnée Montesquieu. Je compléterai donc cette introduction par un examen rapide de *la loi* et de la *force* à laquelle elle est indissolublement liée. Sans la définir immédiatement, ce qui exige une recherche préalable, je crois pouvoir dire que l'idée que l'on s'en fait généralement permet qu'on l'aborde dans les termes suivants :

L'idée première fondamentale qui domine *tout ce qui est*, et de laquelle tout découle dans le monde phénoménal auquel nous appartenons, c'est celle de la LOI. Car rien de ce *qui est* n'y échappe ; et tout ce qu'elle régit *existe* par cela seul. La notion de la loi est donc la première et la plus importante à examiner et à éclaircir afin de déterminer ce qu'elle exige pour être reconnue comme réellement existante et éviter dans la science et ailleurs des pseudo-lois contraires à l'ordre réel des choses, à la raison, au progrès.

Montesquieu qui, en sa qualité de légiste, n'était pas tenu d'apporter dans sa célèbre définition de la loi la rigueur du géomètre, a dit : « *Les lois, dans leur signification la plus étendue sont les rapports nécessaires qui dérivent de la nature des choses.* » Des lois qui sont des rapports, cela ne se comprend guère au premier abord ; mais on comprend ce que l'auteur a voulu dire, et je crois que sa pensée serait plus exactement traduite par la définition suivante : « *Les lois envisagées dans leur acception la plus générale sont des règles intelligentes préservatrices des rapports naturels des choses.* »

Cette définition entraîne plusieurs conséquences importantes. D'abord, c'est que des lois ne peuvent se faire toutes seules; ensuite, qu'elles ont dû précéder dans l'esprit de CELUI dont elles émanent, je ne dirai pas, la *création* qui s'entendait dans les imaginations orientales, d'où elle nous vient, *de quelque chose fait de rien;* mais l'*établissement*, au moyen d'une substance préexistante éternelle, d'un monde phénoménal particulier; celui que nous connaissons et que nous concevons, sans effort, pouvoir être très différent de ce qu'il est par des changements très faibles dans la structure, les poids et volumes

des molécules dont il est composé, ainsi que dans la chaleur latente de constitution qui les accompagne. J'ajouterai que ces lois, par leur caractère même, ne peuvent s'adresser qu'à qui peut les comprendre, puis les exécuter : c'est-à-dire à des *êtres* doués non seulement d'intelligence, mais d'une faculté automotrice constamment en action, et pour l'exécution des lois générales, d'une *petitesse telle* qu'ils puissent s'appliquer aussi bien aux corps les plus petits comme les molécules qui sont vivement déplacées dans les combinaisons, comme aux plus grands tels que les astres qui parcourent les espaces célestes. Tâchons de démêler, dans notre monde terrestre, quels sont les êtres auxquels cette fonction appartient, afin d'ajouter les éléments voulus à la définition définitive de la *loi*.

III

Elle ne saurait appartenir aux corps du monde minéral dont le caractère dominant est l'*inertie*, c'est-à-dire *leur incapacité absolue de se mouvoir d'eux-mêmes*. C'est à quoi les ingénieurs s'emploient toute leur vie à remédier à grands frais, n'ayant pu, ni retrouver la lyre d'or d'Amphion, ni obtenir de certains savants allemands et français, au moins très affirmatifs et très bruyants s'ils ne sont pas sérieux, la divulgation du moyen à l'aide duquel les corps, étant simplement *excités*, se mettent d'eux-mêmes en mouvement comme le faisaient, paraît-il, les pierres des murailles de Thèbes.

Cette faculté automotrice n'appartient pas davantage aux corps organisés végétaux et animaux; car ces derniers, qui la possèdent plus particulièrement, au moins en apparence, en sont privés brusquement et pour toujours dans leur état actuel, sans avoir perdu une seule molécule des corps nombreux, *carbone*, *calcium*, *phosphore*, *oxygène*, *hydrogène*, *azote*, etc., dont ils sont composés. Mais les corps organiques étant d'une grande complexité dans leur composition et selon toute apparence aussi dans le nombre et la nature des forces réelles directrices qui les animent, je les laisserai de côté provisoirement pour examiner ce qui se passe dans un corps simple en mouvement comme une balle métallique.

Si l'on prend cette balle dont on a constaté que la température est celle du milieu ambiant, et que, d'une manière quelconque, elle soit projetée

contre un obstacle résistant, elle s'arrêtera dans sa course. Mais, si on la ramasse, on trouvera, à part la légère déformation qu'elle aura pu éprouver, un changement notable dans son état primitif; car elle peut émettre une quantité de chaleur telle qu'il soit impossible de la retenir dans la main. Il importe de noter que, pendant le mouvement, la balle ne s'est échauffée que d'une manière insensible en raison de la faible résistance opposée par l'air à son mouvement; dans le vide, cet échauffement n'eût pas eu lieu. On peut tirer de ces constatations deux conséquences : la première, que c'est la chaleur qui a entraîné la balle dans son mouvement de translation, jusqu'au point où, empêchée de manifester plus longtemps *sa faculté motrice*, elle s'échappe du corps sous une forme particulière du mouvement qu'une autre expérience, rapportée ci-après, prouve être *le mouvement vibratoire*. La seconde, c'est que la chaleur, lorsqu'elle exécute un travail mécanique, est *latente* par rapport au sens tactile. On aura beau chercher, on ne trouvera pas d'autre explication rationnelle et positive du phénomène qui vient d'être analysé ; et cela d'autant mieux qu'en remontant de celui-ci à ceux qui l'ont précédé, on trouve toujours comme point de départ du mouvement une source de chaleur ; que ce soit l'homme, une arme à feu ou autre qui ait lancé le projectile.

Il en est de même dans une machine à vapeur dont le *mouvement* est dû à la chaleur transformée qui vient du foyer; et dans laquelle un frottement dans un de ses axes est une sorte de fissure par laquelle sa force motrice calorifique ayant pris le mouvement vibratoire, s'échappe, force qui peut se dépenser tout entière au frein sous la même forme où elle devient incapable d'effectuer un travail mécanique.

Il en est de même, encore, dans une roue hydraulique qui est actionnée par une eau qui continue de tomber de la hauteur où elle a été élevée dans l'atmosphère *par la chaleur du soleil*. Si elle tombe, par exemple, d'un nuage élevé de 900 mètres ; elle n'a gardé, pour descendre, que *deux calories* par kilogramme ; et, pour effectuer la partie industrielle de sa chute, qu'une fraction toujours assez faible de cette quantité. Mais si cet exemple contribue à prouver que toute action mécanique est toujours due à la chaleur latente, on peut douter au premier abord qu'il soit à l'appui de l'économie des moyens que la nature est supposée toujours apporter dans toutes ses œuvres ; puisque l'on constate l'emploi de 650 calories pour élever un kilogramme d'eau à 900 mètres où théorique-

ment il n'en faudrait que deux. Cependant, pour ma part, je renonce à la critiquer si elle me laisse entrevoir que les 648 calories qui quittent ainsi la terre, sauf celles en petit nombre qui restent attachées quelquefois aux nuages sous la forme électrique, contribuent pour une bonne part à empêcher notre globe terrestre de passer à l'état de *terre cuite*; et si elle me permet en outre de pressentir qu'il s'établit, de la sorte entre le soleil et la terre, une circulation de chaleur analogue à celle de l'eau qui se fait entre la terre et l'atmosphère, d'où il résulte que les deux astres émettent tous les jours l'un de la chaleur, l'autre de l'eau sans jamais s'appauvrir. De pareils exemples se retrouvant, à chaque pas, dans l'examen attentif des phénomènes naturels, il semble dès lors que l'on peut se reposer sur l'exactitude de la définition générale de la loi qui exige qu'elle émane d'un *être intelligent supérieur* servi par *des forces élémentaires* calorifiques qui l'exécutent avec le degré d'intelligence nécessaire à cet effet.

IV

Rumford et Davy et après eux la plupart des savants de tous les pays ont refusé de reconnaître l'existence réelle de la chaleur par la raison assez singulière, quand on ne s'arrêté pas à la surface des questions, *qu'une chose dont on pouvait produire des quantités infinies par le frottement* ne pouvait être *matérielle* et par conséquent *n'existait pas*. Malheureusement pour lui et pour la science, Rumford, sans doute aveuglé par une idée préconçue, celle du métaphysicien Locke, a oublié de se demander, si véritablement, le cheval qui faisait tourner son alésoir dans une masse de cuivre en échauffant celle-ci, était capable de produire ce travail *indéfiniment*. S'il l'avait fait, il aurait trouvé tout de suite, qu'après y avoir été employé pendant quelques heures, l'animal devait renouveler son combustible par *l'alimentation* et en attendre l'assimilation, *par le repos*, avant de pouvoir se remettre à l'œuvre. Maintenant, j'avouerai ne pas comprendre pourquoi Rumford et après lui nombre de savants ont toujours voulu subordonner leur jugement sur l'*existence réelle de la chaleur*, à la preuve préalable de sa *matérialité*, lorsque l'on ne savait pas de son temps et qu'on ne sait pas davantage aujourd'hui, à proprement parler, ce que c'est que la matière ; et que notre seul *criterium* pour affirmer une *existence quel-*

conque n'est autre que son *action sur nos organes sensitifs*. Cela est d'autant plus extraordinaire que la chaleur sous la *même forme de mouvement vibratoire* qu'elle communique aux solides dans le phénomène du son, mais à des degrés différents de l'échelle vibrante, se dévoile à tous nos sens, et que tous les corps ne nous sont connus que par son intervention. Une expérience très simple, que tout le monde peut faire, le prouve. Voici en quoi elle consiste :

V

On prend d'abord une barre de fer à une température assez basse pour qu'elle ne présente ni saveur, ni odeur, pour que le sens tactile ne soit affecté que par la différence de température et par son poids, et le sens visuel par la lumière qui après avoir touché la barre vient en dessiner l'image sur le nerf optique. Cela fait on a pu déjà constater que les sensations éprouvées ne sont nullement dues à des propriétés intrinsèques de la barre. C'est la chaleur lumineuse extérieure qui a mis la vue en rapport avec elle. C'est la chaleur que la main lui a cédée qui l'a dévoilée au sens tactile. Quant à son poids, c'est également à une action de la chaleur qu'elle est due, ainsi qu'on le verra plus loin par une autre expérience. Ainsi voilà une barre dont personne, à coup sûr, ne nierait l'existence; et l'on met en doute celle de l'agent par l'intermédiaire duquel nous la percevons ! Est-ce assez illogique ? Mais poursuivons; on expose la barre pendant un certain temps à un feu de forge très vif, et quand on la retire il est clair qu'on n'y a fait entrer que de la chaleur; or celle-ci à mesure qu'elle sort de la barre donne lieu aux phénomènes suivants : l'œil perçoit tour à tour la lumière blanche la plus intense suivie bientôt de toutes les teintes de plus en plus accusées *du rose* jusqu'au *rouge cerise*, suivi à son tour des teintes de plus en plus foncées de cette couleur jusqu'au rouge brun. Le sens tactile a été en même temps affecté par la sensation à des degrés variables qu'au sens vulgaire du mot on nomme plus particulièrement *chaleur*. Il vient ensuite un moment qui n'a pas été bien précisé, où la barre posée d'une certaine façon fait entendre un son *plus ou moins aigu et retentissant*. Ce son, avec la barre où le fait avait été constaté pour la première fois par un métallurgiste saxon M. Schwartz et plus

tard en 1829[1] par M. Trevilyan était celui d'une *note éclatante au clairon*. Dans le premier cas, le phénomène s'était produit au moment où, la barre ayant été retirée d'un bain de poix bouillante, on appuya par hasard une de ses extrémités sur un bloc de plomb qui se trouvait par terre. Enfin quand la barre s'est refroidie à la température de 25 à 30°, elle a une saveur dite métallique, quoique différente pour les divers métaux, et une odeur de poisson frais. Voilà, si je ne me trompe une expérience très décisive. Car, ainsi groupées, il est impossible d'attribuer les sensations éprouvées à un autre agent que la chaleur, donnant, par le nombre croissant de ses vibrations dans le même temps[2], des séries successives de gammes *savoureuses odorantes, sonores, calorifiques, lumineuses*. On se sent fortifié dans cette opinion en remarquant qu'elles s'adressent à des appareils sensitifs ayant en commun une surface nerveuse réceptrice identique et ne se distinguant les uns des autres que par des dispositions accessoires, fort importantes d'ailleurs, ayant pour but de ne laisser passer pour chacune que les séries vibratoires qui le concernent exclusivement dans l'état normal du sujet impressionné[3] et d'en prendre les empreintes « *calorographiques* » ou électrographiques indispensables au souvenir, à la connaissance.

VI

C'est en me plaçant il y a plus de vingt ans sur ce terrain, où la physique et la physiologie apportent leurs témoignages concordants sur la question la plus grave dont ces deux sciences et la philosophie

1. Ce fait me frappa tout particulièrement lorsque, étant à l'Ecole centrale en 1837, je le trouvai mentionné dans la 3e édition du traité de physique de Péclet, mais défiguré par la forme excentrique donnée au métal expérimenté; car il me remit en mémoire que vers 1827, je l'avais observé à diverses reprises en refroidissant une tringle à tuyauter que j'avais laissé, la première fois, rougir par mégarde en en plongeant l'extrémité dans une cuvette contenant un peu d'eau et de manière à ce qu'elle appuyât sur la faïence. La tringle prenait des vibrations qui se faisaient sentir nettement à la main en émettant un son aigu d'une certaine intensité.

2. Le fait, que le mouvement en question est bien le mouvement vibratoire, résulte de ce que cela est hors de doute pour le son; et de ce que celui-ci appartenant à la *série* des effets produits par la chaleur qui sort de la barre ne peut être qu'une atténuation des mouvements dus à une température plus élevée.

3. Je dis « à l'état normal » car il y a plus de 40 ans qu'un professeur de la Faculté de médecine, Rostan, avait constaté que dans l'état dit somnambulique le sujet entendait, voyait, sentait, par l'épigastre, mais ne se souvenait pas. Ces mêmes phénomènes ont été depuis provoqués par le Dr Braid en Angleterre, le Dr Gigot-Suard en France et récemment par le Dr Charcot à la Salpêtrière.

aient à s'occuper, que j'ai été conduit à reconnaître dans la *chaleur* l'agent réel qui produit tous les phénomènes qui affectent nos organes sensitifs, et à interpréter autrement qu'on ne l'a fait jusqu'ici l'expérience du timbre sous la cloche d'une machine pneumatique d'où l'on a conclu, à tort, *que l'air était l'agent de la propagation du son.* En effet cette expérience ne prouve qu'une chose, c'est qu'un *milieu corporel* gazeux, liquide ou solide est nécessaire pour *entretenir les vibrations de l'agent dont il s'agit*. Car si le son s'éteint dans un espace à peu près vide d'air, la lumière électrique qui n'a pas besoin d'air pour s'alimenter s'y éteint à peu près aussi ; puisque de blanche et ramassée qu'elle était, à la pression atmosphérique elle passe au rouge puis au violet de plus en plus sombre en s'élargissant à mesure que la pression diminue jusqu'à occuper toute la cloche ; ce qui permet de croire que la chaleur émise par le soleil ne devient vibrante et par conséquent chaude et lumineuse que par le choc qu'elle éprouve à la rencontre de notre atmosphère ; de même que l'électricité, autre forme de mouvement de l'agent-chaleur[1] ne devient sonore en parcourant un fil métallique tendu sur un sonomètre qu'à la condition d'y entrer au moyen d'un interrupteur et, en conséquence, par des chocs successifs qui lui donnent le mouvement vibratoire. Aussi les aéronautes ont-ils constaté qu'à mesure qu'ils s'élèvent dans l'air, le froid se fait sentir de plus en plus, en même temps que le son de la voix s'affaiblit, tandis que le soleil devient moins éclatant et que l'azur du ciel s'assombrit probablement jusqu'à l'obscurité absolue dans les espaces interplanétaires. Si l'on ajoute à ces fluctuations de la lumière électrique dans un air de plus en plus raréfié les fluctuations inverses dans un air de plus en plus condensé (expériences de Frankland) on y trouve la vraie cause *de l'éclat des flammes* sur laquelle on discute encore sans aboutir à aucune solution acceptable. C'est que, pour s'en rendre un compte exact, il faut reconnaître la réalité objective de ce Protée, *chaleur électricité*, et le fait qu'il peut se présenter, suivant les circonstances à l'état vibratoire de *raréfaction ou de concentration*. C'est pourquoi les

1. La preuve que l'électricité n'est qu'un mode de mouvement particulier de la chaleur, c'est qu'il suffit de tordre une tringle parcourue par un flux calorique pour voir l'agent apparaître partiellement sous la forme de courant électrique ; ce qui est dû sans doute au fait que la structure du métal étant changée, les vibrations sont contrariées et en partie détruites. Le phénomène inverse se produit dans un fil parcouru par un flux électrique hors de proportion avec son diamètre, une partie de ce flux passe à l'état calorifique, rougit le fil et va même jusqu'à le fondre. (Expériences de M. Becquerel.)

métaux denses comme le fer qui brûlent dans l'oxygène en perdant leur chaleur latente de constitution, dont il sera question plus loin, et faisant perdre au gaz la sienne dans un espace très resserré, donnent une lumière si éclatante.

VII

L'intéressante exposition de l'électricité de l'année dernière restera stérile au point de vue scientifique, tant qu'on n'arrivera pas à substituer la notion positive de l'existence réelle de la chaleur, sous ses diverses formes de mouvement, aux hypothèses et théories obscures embarrassées et fausses qui sévissent encore dans tous les ouvrages de physique ; tant que par des expériences bien faites et minutieusement rapportées, on ne comblera pas cette fâcheuse lacune qui a donné lieu à la supposition que la *force*, sous la forme électrique, peut être engendrée par *influence* ou *induction*. Ce qui donne à cette partie de la science de l'électricité un certain air de ressemblance avec les mystères de la Trinité et de l'Incarnation. Cependant j'ai constaté avec plaisir qu'à côté du mot *énergie* que l'on a substitué comme un progrès à celui de *force* qui, à ce qu'il paraît, écorche la bouche du savant moderne rallié à la théorie de la *matière-mouvement*, deux physiciens des plus distingués de l'académie des sciences ont murmuré, en parlant de l'électricité, les mots : *d'agent mystérieux dont on ne connaîtra jamais la nature intime;* ce qui est une reconnaissance implicite d'une existence réelle sur le fond de laquelle on se croit moins renseigné que sur les autres. A cet égard on peut demander avec la certitude de ne pas recevoir de réponse, quelles sont celles dont nous connaissons *la nature intime*, est-ce la substance des corps, la matière ? Qui oserait le prétendre ? Et quant à la qualification de mystérieuse donnée en particulier à l'agent qui se manifeste à nous à chaque instant du jour sous les aspects les plus variés, et qui nous donne par surcroît, de temps en temps, des preuves redoutables de sa puissance mécanique en *dehors de tout véhicule dit matériel* [1], est-elle bien juste ? Ne serait-elle pas plus exactement appliquée à l'oxygène à l'azote que

1. C'est le cas de la foudre ; c'est aussi celui des décharges énergiques des poissons électriques.

nous ne voyons ni ne sentons et qui ne se révèlent au sens tactile que lorsqu'ils sont en mouvement ? Ne le serait-elle pas encore bien plus au *fluor* dont nous avons calculé le poids, il est vrai, mais qui se trouve, à l'égard du sens visuel, dans la situation où était Neptune après les calculs de Leverrier et avant qu'un astronome de Berlin l'ait rencontré dans le champ de son télescope.

VIII

La chaleur ou l'électricité reconnue comme étant une *force naturelle* laisserait-elle les physiciens dans cette situation fausse, qui leur est faite par leurs théories, de renoncer à comprendre les merveilles de l'électricité à la dernière exposition universelle, tout en se donnant l'air d'y voir clair par des explications récitées par cœur[1], et qui n'expliquent rien du tout ? Je ne le pense pas. Ainsi, par exemple, dès l'instant où l'on reconnaît que la chaleur est une force réelle circulant dans un fil métallique soit sous la forme vibratoire où elle produit toutes les actions qui affectent les cinq sens, ou par un simple mouvement de translation qui doit être celui des mouvements mécaniques, on comprend qu'elle produise les uns et les autres, sans que l'on ait une idée bien nette des dispositions mécaniques employées pour les obtenir, parce qu'ils ont été inventés à tâtons sous l'empire de la théorie mystérieuse et peu scientifique de *l'induction*. Aussi ne s'explique-t-on pas pourquoi la *force* calorique d'une machine à gaz ou à vapeur éprouve une réduction de moitié par sa transformation en électricité dynamique ; et on ne sait pas davantage ce qu'il faut faire pour arriver à un meilleur résultat. Les autres phénomènes qui ne diffèrent entre eux que par le nombre de vibrations de l'agent s'expliquent plus facilement et l'on peut même s'attendre que, l'attention une fois fixée sur ce point, on arrivera à des résultats nouveaux non moins curieux que ceux observés à la dernière exposition. Ainsi le son étant l'agent à un certain état vibratoire dans un milieu quelconque *et rien autre*, on comprend que si l'on fait passer un courant continu à travers un fil métal-

1. Ceci n'est pas une pure invention. C'est l'aveu d'un ancien professeur de physique, d'une grande école du gouvernement sur la théorie de l'électricité de quelque manière qu'elle ait été envisagée. Pour lui ces explications étaient un pur moyen mnémonique pour grouper et se rappeler la série des faits qui s'y rapportent.

lique tendu sur un sonomètre on ne produise rien; tandis que si on l'y introduit par saccade, au moyen d'un interrupteur, il éprouve un choc d'où résulte la vibration sonore dont le ton dépend de la tension et de la longueur du fil. Dès aussitôt, le moyen de produire directement avec l'électricité ou la chaleur tout ce qui se rapporte aux cinq sens, nous apparaît comme ne dépendant absolument que de la *substance à trouver* par laquelle il faudra la faire passer à l'état vibratoire pour produire le résultat cherché : *saveur*, *odeur*, *son*, *chaleur*, *lumière*. De même, un de ces effets étant produit on comprendra que par des atténuations obtenues par de nouvelles interpositions, on obtienne non seulement des effets d'un même ordre, comme le passage d'une note lumineuse ou sonore au même ton lumineux ou sonore d'une gamme inférieure ; mais des effets d'un ordre différent comme le passage d'une *note lumineuse* à une *note sonore*. Par exemple un pinceau lumineux *blanc* peut rester *blanc* en s'atténuant de plus en plus par des passages successifs à travers des corps diaphanes comme le verre. On obtient en effet une suite *d'ut* lumineux appartenant à des gammes de plus en plus basses. Mais si on le fait passer à travers un prisme en cristal de roche il éprouve des atténuations *graduées* suivant les épaisseurs traversées qui donnent les notes successives d'une *même gamme lumineuse*. Mais on peut aller plus loin. Car un son peut, paraît-il, être transmis à un rayon lumineux, mais sans doute à une octave tellement élevée qu'il est inaccessible à l'oreille. Mais l'expérience a montré que si l'on vient à le faire passer ensuite à travers une plaque de sélénium, il reçoit l'atténuation voulue dans le nombre de ses vibrations pour être perçue par l'oreille. Telle est l'explication très simple et très rationnelle, que dans cet ordre d'idées on peut donner du photophone, un des merveilleux instruments de la dernière exposition.

IX

Ces phénomènes de transformations de mouvements vibratoires les uns dans les autres sont de l'ordre de ceux qui se transmettent tous les jours à nos organes sensitifs sans que nous nous en soyons rendu compte. Ainsi toutes ces fleurs brillamment colorées et odorantes qui nous charment ne sont ni colorées ni odorantes par elles-mêmes. Elles ne sont autres que des milieux physiques où les

rayons lumineux et calorifiques viennent tomber et en repartent modifiés dans leur mouvement vibratoire de manière à impressionner nos sens. Aussi arrive-t-il que par une nuit fraîche de nouvelle lune les fleurs ne sont ni odorantes ni colorées. On sait également que les meilleurs vins et les aliments n'ont de goût et de parfum qu'après avoir été élevés à une certaine température. Dans ces cas, comme dans les précédents, ce que nous percevons, ce n'est pas une qualité du vin ou de l'aliment; ce sont les vibrations que la chaleur a prises en les traversant. Il faut donc s'attendre un jour à voir les physiciens, dirigés sur la bonne piste par une notion plus exacte des phénomènes, nous donner au moyen de leurs appareils toutes les sensations qui font le charme de la vie toutes les émotions d'un bon dîner sans crainte d'indigestion. Ce serait le Paradis terrestre s'ils pouvaient donner à la saveur la solidité que réclame l'estomac. Il faut croire que ceci nous est réservé dans un monde meilleur où notre enveloppe temporaire plus perfectionnée et placée dans un autre milieu n'aura plus besoin de cet organe pour fonctionner.

En tous cas, les exemples topiques des impressions reçus par les cinq sens, non du fait des corps mais de la chaleur qui les a frappés ou traversés mettent à néant l'affirmation de l'école positiviste qui attribue ces effets à des *propriétés intrinsèques et immanentes* de ces corps. Toute la chimie, comme la physique, interprétée sévèrement, logiquement, proteste contre cette assertion aussi gratuite qu'audacieuse qui forme la pierre angulaire de l'école. *Les corps n'ont par eux-mêmes aucune propriété;* ils doivent les *caractères variables* par lesquels on les distingue à leurs divers états, à la quantité de chaleur qu'ils possèdent à l'état primaire ou qu'ils conservent dans leurs diverses combinaisons. Ainsi le chlore et le sodium séparés et dans lesquels la thermochimie a constaté la présence d'une quantité de chaleur latente de constitution considérable à la température ordinaire, doivent à cet agent leur action destructive sur les tissus organiques. Ils perdent la plus grande quantité de cette chaleur en se combinant; et avec elle, leur action nuisible sur l'économie qui est remplacée par l'action utile et bienfaisante du chlorure de sodium. C'est ainsi qu'un grand feu qui brûlerait si l'on s'en approchait trop, devient réparateur et bienfaisant si l'on en diminue suffisamment l'intensité.

Le téléphone et le microphone sont des instruments obtenus par de longs tâtonnements qui illustrent le fait bien connu du passage de

l'agent sonore à travers tous les corps et notamment à travers le *transmetteur à ficelle ;* et cela *sans le concours de l'air*. Car l'expérience prouvant que les milieux solides transmettent le son plus loin et plus vite que l'air, il faudra se résoudre à mettre de côté ce vieux cliché où l'on fait intervenir cet intermédiaire dans la réception du son, quand l'appareil *solide* est appliqué sur l'oreille et que depuis le départ jusqu'à l'arrivée *la continuité solide est établie*. Ils mettent également en relief la gradation de la force mécanique qu'il faut employer pour obtenir les divers résultats qui s'adressent aux cinq sens. La sensation lumineuse en exige relativement une grande quantité. La sensation tactile calorifique à ses divers degrés notablement moins ; tandis que la quantité de force requise devient insignifiante pour les autres sens. Rien ne le montre mieux que le *phonographe* par l'extrême simplicité de son mécanisme et ce qui doit rester de force applicable à l'œuvre du son articulé, quand on a retranché du travail fait par le poids qui descend en faisant parler l'instrument, ce qui est nécessaire pour le faire marcher à vide.

Le téléphone à ficelle étant connu, la substitution à la ficelle d'un fil métallique n'était plus qu'une recherche accessoire qui aurait demandé moins de temps et aurait offert moins de difficultés, si l'on avait mieux connu scientifiquement l'agent auquel on avait affaire. Je n'hésite pas à dire que c'est de cette connaissance et de l'abandon de fausses théories que résulteront dans l'avenir tous les nouveaux progrès à réaliser et notamment dans son emploi comme force mécanique.

X

Tout ce qui précède montre, ce me semble, l'agent qui nous occupe, c'est-à-dire la *Force fluidique*, dans ses aspects multiples, avec une clarté indiscutable. Cette qualification va à l'encontre du préjugé actuel contre les fluides autres que les liquides et les gaz, qui a succédé au préjugé en leur faveur quand est survenue l'invention grotesque d'attribuer aux corps la propriété du mouvement de translation jointe à beaucoup d'autres propriétés qui ne leur appartiennent pas davantage. — Le caractère *fluidique* de la chaleur, sous la forme calorique ou électrique, ressort de ses différentes fonctions, de son incorporation ou passage dans les corps. Il saute

aux yeux dans l'œuf philosophique où, sous des pressions variables, le fluide s'élargit en devenant de plus en plus obscur et s'amincit en devenant plus lumineux comme s'il se ramassait pour traverser plus facilement l'air qui le comprime. Le nouveau préjugé n'est donc nullement fondé ; tandis que l'ancien répondait à la réalité des choses à cela près que l'on supposait plusieurs fluides où il n'y en avait qu'un sous diverses formes de mouvement. Il est étrange que, tout en se refusant à reconnaître un fait aussi patent, on se laisse aller, après avoir *aveuglément* proscrit les fluides *agents actifs*, à en admettre un éther, *agent passif*, qui est absolument hypothétique. Mais ce différend finira par s'arranger. On conservera le nom d'*Ether* qui représentera la force universelle élémentaire intelligente ; tandis que les mots *chaleur*, *électricité*, *lumière*, etc., représenteront les diverses manières d'être par lesquelles il affecte nos sens. L'Ether à déjà subi plus d'une évolution depuis qu'on l'a inventé. Ce sera, il faut l'espérer, la dernière.

Après ces observations sur l'état fluidique *constant* de la Force, que les corps ne possèdent accidentellement que par elle, il ne reste plus qu'à la faire voir dans les deux phénomènes en quelque sorte placés aux deux extrémités de la longue série de ceux auxquels elle donne lieu : la pesanteur ou la gravitation, et les combinaisons chimiques ; après quoi il deviendra possible de reprendre la définition de la loi et de la compléter.

Si l'on élève une balle d'un corps quelconque au-dessus d'une table de marbre, on aura, par cette action, d'après ce que l'on a vu au § III, incorporé dans cette balle la quantité de chaleur nécessaire pour la ramener à terre. *Mais la* Force *ne pouvant pas plus périr que la substance des corps*, on doit se demander ce qu'elle devient après avoir accompli cette fonction. Le résultat est différent suivant les cas. S'il s'agit d'une balle en argile, elle aplatira celle-ci et se dispersera ensuite partiellement ou totalement suivant que la nouvelle forme exigera ou non, pour être maintenue, qu'il lui reste attaché un supplément de chaleur. Le plomb se comportera à peu près de la même manière et s'aplatira en s'échauffant sensiblement. Mais il existe des corps comme l'ivoire qui n'éprouvent aucune déformation permanente à la suite du choc éprouvé et dont la structure intime se prête mal à la transformation du mouvement de translation de la chaleur en mouvement vibratoire calorifique qui est celui par lequel elle devient impropre à continuer une action mécanique. Que doit-il advenir dans ce cas?

Toujours par la même raison que *cette force ne peut périr ni rester inactive*, elle ne peut faire autre chose que de renverser son mouvement et remonter la bille à la hauteur d'où elle est descendue. Ce mouvement oscillatoire devrait même persister indéfiniment s'il s'exécutait dans le vide et si la bille en ivoire possédait en réalité, d'une manière absolue, la structure s'opposant à la déperdition d'une partie quelconque de la chaleur incorporée. Ce qui n'est pas tout à fait le cas. Il y a des pertes produites par la transformation d'une partie du mouvement de translation en mouvements vibratoires calorifiques et soniques; de telle sorte qu'après un assez grand nombre de mouvements oscillatoires d'une amplitude décroissante, la bille s'arrête. Mais cette expérience interprétée pour la première fois comme elle doit l'être n'en est pas moins, dans son extrême simplicité, jointe à sa banalité, la *véritable révélation de l'agent élémentaire intelligent par lequel s'effectue le phénomène de la pesanteur ou de la gravitation* et auquel on ne saurait être autorisé à demander, comme on l'a fait, qu'il fût soumis particulièrement à la pesanteur, puisque ce phénomène, n'est que l'une des nombreuses fonctions physiques, mécaniques, chimiques, qu'il a pour mission d'exécuter conformément aux lois qui les régissent.

Dans le même ordre d'idées, l'arc dont on tend la corde est un instrument dans lequel *on emmagasine la quantité de chaleur* qui passera dans le projectile. Un ressort tendu est, de la même manière, un réservoir de force qui se dépense plus ou moins rapidement suivant le mécanisme que l'on y aura adapté. Suivant les dispositions prises, en effet, la force emmagasinée fera marcher une horloge ou un plateau circulaire qui, s'il est de verre et frotté sur des coussins, communiquera à la force la *forme électrique* et, s'il est métallique, la *forme calorique*. C'est cette dernière forme qui s'est rencontrée dans la fameuse expérience de Davy[1], tant prônée par M. Tyndal, et dans laquelle les deux physiciens ont cru voir que la chaleur n'avait aucune existence réelle. Le mécanisme d'horlogerie étant dans le vide, isolé de tout corps *pouvant lui transmettre de la chaleur*, par un bloc de glace sur lequel on l'avait posé, une roue du mécanisme frottant contre un disque mince en métal recouvert sur la face libre d'une mince couche de cire avait fondu celle-ci. Donc, avait conclu Davy, *la*

1. Voir *la Chaleur considérée comme mode de mouvement*, par Tyndal, p. 91. Traduction de M. l'abbé Moigno.

matière de la chaleur n'existe pas, puisqu'elle n'a pas fondu la glace, le seul chemin par lequel elle aurait pu passer. Il a simplement échappé aux deux savants qu'ils n'avaient pas à décider si la chaleur était *matérielle* ou ne l'était pas, puisqu'ils ne le pouvaient pas, et que cela était inutile, ainsi que je l'ai montré au § IV; mais à se rendre compte d'où elle venait; ce qui leur a également échappé. Le fait est que Davy, sans s'en apercevoir, en remontant le ressort de son appareil, avait renfermé le loup dans la bergerie; en d'autres termes, il y avait emmagasiné de sa propre chaleur.

J'espère trouver assez d'hommes clairvoyants pour reconnaître que ceci clôt définitivement la querelle des savants contre une *force fluidique* qui multiplie à plaisir les *preuves sensibles de son existence* comme si elle avait le sentiment qu'elle s'adresse à des aveuglements intellectuels, accidentels ou volontaires; ce dernier cas étant, comme chacun sait, la pire des cécités.

L'existence de la chaleur et la définition de *la force mécanique universelle* étant ainsi bien et dûment établies, on peut, dès à présent, reconnaître que s'il y a des dégagements de cette force dans les *combinaisons chimiques*, c'est parce que les corps *primaires*, dits simples, ou leurs molécules sont aussi de véritables réservoirs de chaleur. Je me contenterai ici de cette mention, me réservant d'y revenir avec plus d'à-propos et de fruit quand je m'occuperai, dans le cours de l'étude qui va suivre, de la structure moléculaire des corps et de leur chaleur spécifique.

XI

Si dans les diverses tentatives que j'ai faites au sein de cette Société, en 1860 et en 1868, pour rendre à la chaleur la place qui lui appartient comme *être réel* dans la mécanique, la physique et la chimie, j'ai été seul; je n'ai pas, néanmoins, été isolé dans l'opinion que j'entretenais à son sujet. Car je puis m'étayer directement ou indirectement de l'opinion de plusieurs savants éminents, entre autres du physicien Pouillet, très affirmatif à cet égard, et de notre *illustre* maître M. Dumas, à qui, si je ne me trompe, il ne manquait pour se prononcer définitivement que les diverses démonstrations expérimen-

tales qui précèdent et notamment celle relative à la pesanteur qui a fait l'objet du dernier paragraphe.

Dans la septième édition de son traité de physique, Pouillet, ne tenant aucun compte et avec juste raison, comme on l'a vu, des idées de Rumford et de Davy sur cette question, s'exprimait ainsi qu'il suit (tome 1er, au début du livre II, sur la chaleur) : « L'air, l'eau et les différents corps de la nature peuvent exciter en nous des sensations particulières que l'on appelle sensations de *chaleur* ou de *froid*. Ces affections se produisent au contact immédiat ou à de grandes distances, et elles sont d'une telle nature, que nous ne pouvons pas en *attribuer la cause à la substance propre des corps*. En présence d'un foyer allumé, nous jugeons facilement que ce n'est pas la matière du charbon qui vient sous forme invisible nous toucher, nous réchauffer ; et quand nous recevons les rayons solaires, nous jugeons de même que ce n'est pas la *matière pondérable* du soleil qui descend vers la terre pour produire sur nos yeux l'impression de *la lumière*, et sur toutes les parties sensibles de notre organisation, l'impression *de la chaleur*. Il y a donc *un agent qui est distinct de la substance propre des corps*, qui est engagé dans leur masse, qui s'en échappe, qui se transmet à distance, qui établit une communication continuelle entre eux et nous, et qui est la *cause* des sensations de chaleur et de froid que nous éprouvons. » Cette exposition des faits ne laisse absolument rien à désirer sous le rapport de la vérité, de la concision et de la clarté. Mais on ne comprend pas qu'ayant si bien touché ce côté de la vérité, Pouillet ne l'ait pas vue tout entière et qu'il ait admis, concurremment avec cette opinion, l'hypothèse d'un fluide éthéré qui devient inutile dès l'instant où l'on a reconnu l'existence d'un véritable fluide sous la forme de chaleur obscure ou lumineuse.

En ce qui concerne M. Dumas, je me crois autorisé à invoquer son opinion en ma faveur, en m'étayant du discours remarquable sur l'*affinité*, prononcé par lui à la Sorbonne, en 1868[1]. Il y fait d'abord un tableau saisissant des évolutions de la chaleur dans la formation de l'alumine, de l'acide sulfurique, de la potasse, depuis les premiers éléments de ces composés et de ces composés eux-mêmes jusqu'à la formation de l'alun ; puis des évolutions inverses, consistant en des restitutions de chaleur pour revenir de l'alun à ses éléments primitifs.

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXVII, p. 597.

Il rappelle ensuite que Lavoisier, « avec un grand sentiment de la vraie nature des phénomènes chimiques, » *plaçait dans ses équations la chaleur au même rang que la matière;* et il ajoute enfin, quelques lignes plus loin, que les expériences thermochimiques de M. Favre sur le dégagement de la chaleur au moment de la combinaison « préparent la chimie à passer de l'époque où elle n'envisageait que la matière à celle où elle prendra *la force* en considération ! Après un tel exposé, on s'attend tout naturellement à voir l'illustre savant conclure que cette force est la chaleur. Mais il avait sans doute dans l'esprit le discrédit dans lequel la chaleur, considérée comme un être réel, était tombée à la suite de l'idée absurde que s'en faisaient les anciens caloristes, et des expériences de Rumford et Davy, mal interprétées par leurs auteurs; et il a préféré voir cette *force*, comme Newton, dans l'*Attraction universelle* qui se présentait à lui avec un caractère de généralité qui manquait à la chaleur d'après l'idée vraie, mais restreinte, qu'en avait Pouillet. Mais, d'après les démonstrations qui précèdent, la chaleur, sous ses diverses formes de mouvement par lesquelles elle s'affirme si clairement aux cinq sens, sa présence latente mise en relief à volonté par le frottement ou le choc dans les corps en mouvement, sous la forme calorique ou électrique; cette présence dans les combinaisons chimiques d'où on la fait sortir également, à volonté, sous les deux formes précitées; cette présence enfin rendue si manifeste dans la dernière expérience, où elle confirme l'hypothèse newtonienne non dans le sens de l'*attraction*, mais de l'*impulsion* prévue également par le célèbre astronome; tout cela constitue, à mon sens, un ensemble de preuves irrésistibles qui ne se rencontre à un égal degré dans aucune des choses réputées les mieux connues, auquel j'espère que notre illustre maître ajoutera, un jour ou l'autre, le poids de son importante adhésion.

XII

Quand j'ai introduit la recherche de la définition de la *force* d'une manière incidente dans celle de la *loi* que je n'avais fait encore qu'esquisser, j'étais parti de la définition de Montesquieu rectifiée et complétée comme il suit :

Les lois sont des règles intelligentes et préservatrices de l'ordre naturel des choses.

J'en ai conclu, qu'ainsi envisagées, et elles ne sauraient l'être autrement, elles ne pouvaient exister sans une intelligence supérieure qui les avait conçues en vue de phénomènes qui devaient y être soumis et de forces intelligentes, infinies en petitesse et en nombre qui devaient coopérer à leur exécution. Or, on vient de voir que les phénomènes naturels observés, indépendamment de la notion sommaire de la loi qui précède, la confirment complètement. Cette même notion exige encore que le grand législateur ait préexisté, sinon *aux éléments premiers chaotiques du monde phénoménal*, mais au monde phénoménal lui-même qu'ils ont servi à former. Cela résultera encore, ainsi qu'on le verra plus loin, de ce fait facile à dégager des données expérimentales, à savoir : que les molécules, dites simples, qui forment les assises connues de ce monde sont des édifices très complexes que l'on peut aisément concevoir tout différents de ce qu'ils sont. D'où l'on peut conclure que ce monde, tel que nous le voyons, et que certaines personnes considèrent comme étant ainsi de toute éternité, est loin d'avoir une si respectable antiquité, qu'il a été créé de toutes pièces, qu'il est, ainsi que les lois qui le régissent, frappé de contingence. Enfin, l'évidente diversité des phénomènes fait prévoir la multiplicité des lois et, par conséquent, leur répartition en *séries*, dont les termes ont, les uns avec les autres, une certaine parenté, des rapports semblables. Et, de fait, quand nous examinons avec attention les êtres concrets qui s'offrent à nos investigations, la *série* se dévoile à chaque pas et si bien, que le premier effort du savant ne peut consister que dans l'établissement de classifications, de *séries*. *La recherche des lois ne peut venir et ne vient qu'après.* Et si, d'aventure, cette notion essentielle lui avait échappé, il serait bientôt revenu à la réalité des choses, lorsqu'il se serait aperçu que, pour procéder à la recherche mathématique de la loi, il lui fallait au moins deux séries de faits se développant dans une dépendance absolue les uns à l'égard des autres, et constituant les coordonnés de l'épure géométrique, dont l'expression algébrique, constituant la loi, doit être déduite d'après le procédé exposé au début de cette introduction. Aussi Montesquieu se trompait gravement en disant que, telles qu'il les entendait dans sa définition, la divinité avait ses lois, tout comme le monde matériel, comme les hommes, les bêtes, etc. Sa définition était forcément incomplète,

la nécessité de la *série* pour qu'une loi pût exister, lui ayant échappé. Autrement il aurait vu que la divinité, étant seule de son espèce, et n'appartenant à aucune série, ne pouvait être soumise à aucune loi.

XIII

En résumé, la notion de la loi, primordiale s'il en fut, porte en elle cette conséquence inéluctable de la préexistence, au monde phénoménal actuel, d'un ordonnateur suprême, force et intelligence infinies tout à la fois, en lequel cette notion devait exister, non cômme l'obligeant à quoi que ce soit, puisqu'il n'appartient à aucune série, mais comme une qualité essentielle de son être qui devait s'imprimer comme un cachet indélébile sur toutes ses œuvres. Si l'on pouvait supposer qu'une force intelligente et toute puissante pût exister *sans agir constamment*, on concevrait dans le temps une période qui a précédé celle où a été construit le monde phénoménal auquel nous appartenons, où cette force aurait existé seule à *l'état défini* dans le chaos cosmique des substances *virtuelles et matérielles* avec le *monde abstrait des nombres*, *des figures*, *des formes;* les propriétés des uns et des autres, et les *formules éternelles* qui en expriment les rapports. Celles-ci n'étaient pas alors des lois dans le sens qui a été défini dans les pages précédentes, puisqu'il n'y avait pas encore le *monde concret* régularisé des forces intelligentes et des existences matérielles auxquelles elles pussent s'appliquer; mais on ne saurait douter qu'elles en fussent les formes abstraites préexistantes possibles dans tel ou tel cas, suivant la volonté de celui qui devait les faire passer un jour de l'abstrait au concret. Mais il n'est pas besoin de prêter à la divinité une époque d'interruption quelconque dans son activité. Il suffit d'admettre une succession dans la transformation des espaces chaotiques, et ce qui précède s'appliquerait aux espaces qui ont fait, font et feront, dans l'infinité du temps, l'objet de créations successives. Quoique l'on pense de ce coup d'œil jeté sur le commencement des mondes, il n'en sera pas moins certain, pour le logicien, que la définition de la loi, pour être complète, doit mentionner celui dont elle émane, le fait indispensable des existences sérielles, et des forces infinitésimales auxquelles elles doivent leur état actuel et leurs évolutions. Il faudrait donc la définir ainsi :

Toute loi est l'expression des rapports naturels, positifs et contingents, établis par un ordonnateur suprême, entre des existences réelles appartenant à une même série et auxquelles se rattachent les *forces élémentaires intelligentes* et autres, employées à leur conservation ou leurs évolutions.

XIV

Les lois en définitive ne concernent, à proprement parler, que les évolutions de ces dernières, quand il ne s'agit que des phénomènes généraux ou particuliers, en dehors du monde organique animé. Ainsi, par exemple, *dans la chute des corps* la loi exprime, par rapport aux temps, les vitesses croissantes que les forces élémentaires prennent et impriment au solide.

Dans les *chaleurs spécifiques* elle exprimera leur quantité croissante avec l'élévation de température dont le résultat mécanique est l'augmentation de volume des corps.

Dans une *barre métallique* tirée par des poids variables qui représentent l'action de forces élémentaires croissant en quantité, elle exprime le rapport de ces quantités avec les allongements.

Dans une *série de corps portés au point d'ébullition* comme ceux d'une famille d'hydrocarbures, la loi exprime le rapport entre les poids moléculaires croissants des différents termes et leurs points d'ébullition qui ne sont autres qu'une manière de représenter la quantité croissante de forces élémentaires produisant le même changement d'état dans tous les corps ou êtres réels de la même série.

Ces diverses expressions de la loi se traduisent en langage ordinaire ou en langage algébrique; ou même dans les deux à la fois, comme dans celle de la chute des corps; et simplement en langage algébrique, quand la loi doit exprimer une complexité de rapports qui ne saurait être clairement traduite en langage ordinaire.

En tous cas, il me semble ressortir de la définition de la *loi* qui précède, ce fait : que l'homme ne saurait prétendre qu'il lui appartient de faire des lois idéales de toutes pièces puisque des lois réelles ont toujours accompagné la formation des existences connues ou à connaître, dans un monde phénoménal quelconque; et qu'elles doivent également accompagner les évolutions voulues des êtres dont la manière d'être est soumise à des changements, suivant le temps et

les circonstances. L'homme, dans son infimité, n'a d'autres soins à lui confiés dans son intérêt, que de chercher obstinément la *vraie loi* en dehors de toute idée préconçue ou hypothèse sur la nature des choses; que de s'assurer du meilleur procédé pour arriver à cette fin. J'ai indiqué, au début de cette introduction, quel était celui qui me paraissait le mieux convenir à la recherche des lois scientifiques. Je ne puis me défendre de dire en concluant, tant ma conviction est grande, que c'est le *seul* capable de donner des lois positives et naturelles. J'ajouterai qu'il importe de le distinguer nettement de la *méthode d'interpolation* qui, si l'on en excepte Képler, paraît être la seule qui ait été suivie jusqu'ici par les savants les plus éminents. Dans cette méthode, en effet, on prend comme invariables, et également vrais, tous les résultats d'expérience ou d'observation obtenus, et on les relie par autant de formules qu'il en faut pour les comprendre tous. Tel est le cas des expériences sur la force élastique des vapeurs; tel est aussi le cas des expériences nombreuses, de Hodgkinson sur la résistance des piliers ou colonnes. Or, comme je le faisais remarquer au § Ier, tous les résultats d'expériences ne sont jamais également exacts. Il s'en rencontre au contraire très souvent de tout à fait défectueux; de telle sorte que l'on ne peut arriver à formuler une loi qui soit véritablement naturelle et *positive*, qu'à la condition d'écarter les résultats que j'ai appelés, à juste titre, *négatifs*, et que l'épure fait ressortir. Par ce procédé on arrive invariablement à traduire les résultats d'expérience ou d'observation, par l'équation d'une ligne unique, qui, autant que j'en puis juger par le nombre assez considérable de lois que j'ai déterminées, appartiennent toujours aux sections coniques; ou, comme cela m'est arrivé pour la première fois dans l'étude ci-après, à une courbe qui en dérive telle que la parabole du 3e degré.

L'utilité de ces sortes de lois est manifeste; car elles sont, pour la science à laquelle elles se rapportent, des points fixes, dont il n'est pas plus possible de s'écarter que des lois de Képler en astronomie. Elles élèvent une barrière contre les hypothèses et les théories aventureuses qui s'y appuient. Elles ne livrent passage qu'aux théories qui aboutissent à des lois identiques, aux lois expérimentales, ou qu'à celles qui, ainsi que la loi générale de la gravitation de Newton, condense, dans une formule générale unique, les lois particulières résultant de l'interprétation sévère et exacte des résultats d'observation. Elles sont surtout précieuses en chimie, encombrée

aujourd'hui de conventions, de théories et de pseudo-lois qui finiront par entraver ou rebuter les plus robustes courages. Car les lois qui la concernent fixeront, *ne varietur*, les poids, les volumes moléculaires des corps et, dans beaucoup, la *notation même* dans un sens tout à fait différent de celui adopté par la nouvelle école. C'est le commencement de cette entreprise que vise surtout l'étude qui va suivre, et que je poursuivrai plus tard par la détermination, au moyen d'une méthode générale, des poids et volumes moléculaires qui seront ensuite contrôlés par des lois expérimentales aussi nombreuses que l'on voudra.

XV

Pour compléter, dans sa généralité, la notion de la force, il y aurait encore à faire remarquer que les *forces élémentaires intelligentes* mécaniques, physiques et chimiques ne sont pas les seules dont le savant, si peu philosophe qu'il fût, serait conduit, par l'observation des faits, à reconnaître l'existence. On a vu, en effet, que celles-ci n'auraient pu constituer que le chaos cosmique, si elles s'étaient trouvées seules en présence des éléments premiers préexistants et tout semblables des molécules primaires, dont il sera question dans le chapitre Ier; et qu'il a fallu une force directrice et dominatrice pour en coordonner les mouvements et construire ces molécules, suivant des lois déterminées par elle et constituant le monde minéral.

Or, ce monde minéral construit moléculairement et même corporellement n'est pas encore, jusque-là, le monde phénoménal existant. Pour l'établir, il a fallu en faire une distribution dans les divers systèmes sidéraux, comme le système solaire qui se compose d'un astre central autour duquel évoluent des satellites mues par une *force* qui, ainsi qu'on l'a vu, n'est nullement hypothétique, comme l'affirme gratuitement l'école positiviste[1]; force dont l'effet a été mécaniquement et théoriquement représenté comme la résultante d'une impulsion primitive[2] et de la *pesanteur*[3]. A cette besogne très simple la force élémentaire, qui a été définie, suffit très bien puisqu'elle est

1. Qu'on pourrait croire ainsi appelée parce qu'elle nie carrément, positivement ce qui est démontré exister expérimentalement et positivement comme les *forces;* et affirme non moins positivement des *propriétés* que les corps posséderaient et qu'ils n'ont pas.
2. Incorporation de chaleur mécanique de translation.
3. Supposée être une force d'une nature différente de la précédente.

toujours la même, comme celle de l'animal attaché à un manège. Mais le système solaire se meut, dans l'espace infini, vers une direction inconnue des gens de l'équipage dont nous sommes, comme elle l'est sur l'océan, de l'équipage du navire mû par sa machine. A celui-ci il faut, outre les forces élémentaires qui le meuvent et les forces intermédiaires qui les mettent en œuvre (chauffeurs, mécaniciens), une force directrice qui réside dans le capitaine, pour éviter des accidents graves : erreurs de direction, collisions avec d'autres embarcations, des banquises, des rochers à fleur d'eau, etc. Il n'est nullement téméraire, il n'est que logique d'affirmer, d'après cet exemple, qu'il existe dans le soleil d'où partent incessamment pour y retourner les forces élémentaires caloriques, une force directrice intelligente qui, suivant une loi indispensable qu'elle connaît ainsi que la direction à suivre, pourvoit à la grave nécessité d'épargner, à notre embarcation sidérale, les accidents de la route.

Mais le système solaire est un microcosme par rapport au monde des espaces infinis, comme l'homme l'est à ce système dont il forme une partie infinitésimale. Quoi qu'il en soit, ce microbe terrestre intelligent n'en présente pas moins, dans sa constitution, dans son fonctionnement, des complications autrement sérieuses que celle d'une partie quelconque, grande ou petite du monde minéral. Il nécessite donc aussi, non seulement sa *force directrice* différente des forces élémentaires, dont l'activité ne saurait s'employer qu'à des travaux simples en rapport avec une intelligence limitée ; mais encore les forces secondaires organiques que nos micrographes, M. Pasteur en tête, sont en train de découvrir. En effet, après les microbes ou microzymas nuisibles des infections charbonneuses, rabiques, typhiques, purulentes, etc., voici venir les microbes bienfaisants des fonctions normales nutritives. Cela pouvait et devait se prévoir par ceux auxquels l'expérience a fait reconnaître la vérité du vieil adage « Mens agitat molem. » On peut même d'ores et déjà aller plus loin ; car le spectacle, que nous offrent les métamorphoses des êtres vivants appartenant aux échelons inférieurs de l'animalité, permet de prévoir que ces microbes nuisibles ou bienfaisants peuvent être les mêmes forces fluidiques sous des enveloppes évolutives différentes. C'est ainsi que l'on rencontre dans le monde végétal le papillon aux vives couleurs, fait pour récréer la vue en mêlant harmonieusement ses teintes à celles de la nature renaissante au retour du soleil printanier, suçant le suc des

fleurs et transportant de l'une à l'autre, comme les abeilles, le pollen fécondant qui complète la vie végétale par les fruits et prépare dans ceux-ci les germes du renouvellement des espèces; tandis que la chenille, dont il n'est qu'une transformation — formelle et non virtuelle, — dévore les feuilles des arbres et les fait mourir, si elles dépassent en nombre ce qui est nécessaire pour la reproduction des papillons utiles à la fructification. Comment ne pas voir, dans cet exemple des organismes végétaux, l'image de ce qui se passe dans les organismes animaux, humains et autres plus compliqués, plus savants? Comment, et *à fortiori*, ne s'attendrait-on pas à rencontrer dans ceux-ci, outre la force mécanique élémentaire universelle, ces petites forces organiques directrices, ces microbes s'employant aux fonctions normales qui maintiennent la vie, la santé, jusqu'au jour où, par une évolution naturelle venant au moment régulier prévu; ou bien, par une évolution anticipée, anormale, provoquée par des circonstances particulières, armés cette fois pour la destruction, leur fonction consisterait à déterminer un dénouement fatal et à le poursuivre, peut être par de nouvelles métamorphoses, jusqu'à la restitution au monde minéral des éléments premiers des organismes en question.

Mais dans tout ceci, il faut noter et retenir ce fait important: C'est que les formes dites matérielles *passent ;* tandis que les forces fluidiques élémentaires et les forces directrices à tous les degrés attachées aux organismes petits et grands *restent ;* les uns reprenant le cycle fermé des mêmes métamorphoses et fonctions; les autres se métamorphosant surtout par la *connaissance* et se rendant ainsi propres à des fonctions directrices plus élevées dans le monde phénoménal; le seul but logique et désirable que l'on puisse assigner au *besoin de savoir* qui caractérise l'espèce humaine.

CHAPITRE I

CONSTITUTION MOLÉCULAIRE DES CORPS
LOI DES VOLUMES MOLÉCULAIRES — LA CHALEUR DANS LES MOLÉCULES
MÉCANISME DES COMBINAISONS

« Non fingo hypotheses. » NEWTON.

« Les expériences thermochimiques de M. Fabre préparent la chimie à passer de l'époque où elle n'envisageait que la *matière* à celle où elle prendra la *Force* en considération. »

J. B. DUMAS.

1. — Après avoir défini dans l'introduction *la loi* et *la force* mécanique élémentaire universelle qui n'est autre que la chaleur sous ses diverses formes de mouvements, le terrain sur lequel doivent être posées les questions plus spéciales que je me propose d'examiner dans cette étude a reçu une première préparation indispensable ; mais il en exige une autre non moins nécessaire. C'est celle qui répond aux questions suivantes : Quelles fonctions mécaniques la force dont il s'agit exerce-t-elle dans les corps à l'état moléculaire libre et à l'état corporel plus ou moins cohérent? Quel changement à ces deux états apporte la chaleur supplémentaire incorporée à la suite d'une élévation de température du milieu où ces corps sont plongés ? Quelles fonctions remplit-elle dans les rencontres accidentelles ou voulues où s'effectuent les combinaisons ? Quelle situation occupe-t-elle dans les corps ? Est-elle *intra* ou *extra* moléculaire ? Quel est son mode de mouvement ? Quelle est la place de la chaleur sous la forme de courant électrique, etc. ? La réponse à ces questions, si elle se trouve quelque part, ne peut sortir que d'une investigation approfondie de la constitution moléculaire des corps. Mais une telle investigation est-elle possible ? Ne sommes-nous pas ici en présence d'un de ces secrets de la nature pour toujours interdit à l'esprit humain ? C'est l'avis de l'école d'Auguste Comte et de Littré, qui déclare que *nous ne pouvons connaître que des corps et*

leurs propriétés immanentes, lesquelles ne sont que des modes divers de mouvement de ces corps perçus par les sens ; et que les molécules dont il a été question plus haut, appelées par elle *atomes et n'ayant jamais été vus* et ne *pouvant jamais l'être*, ne sont qu'une hypothèse à l'aide de laquelle on relie les faits, et rien de plus.

J'ai déjà réfuté dans l'introduction la première partie du « Credo » positiviste en montrant que les corps devaient leurs prétendues propriétés *variables* et non *immanentes* à la quantité *variable* de chaleur qui s'y trouvait incorporée temporairement; et que cette chaleur s'extrayait de ces corps à divers états de mouvement impressionnant directement les cinq sens sans véhicule dit matériel ; s'accusant ainsi par tous les témoignages qui permettent d'affirmer une existence réelle ; et cela à un degré dont n'approche aucun des corps les mieux étudiés qui ont d'ailleurs besoin de son intervention pour être reconnus. Quant à l'idée consistant à exiger le témoignage de la vue pour reconnaître une existence quelconque, elle est tout simplement absurde. Tous les autres sens isolés ou plus ou moins groupés peuvent suffire pour atteindre ce but. C'est ainsi que les anciens ont reconnu l'existence de l'atmosphère, que personne n'a jamais vue, par l'action mécanique qu'ils en recevaient quand elle était en mouvement. Dans certains cas mêmes, l'objet qu'il s'agit de reconnaître peut n'avoir fourni aux sens *aucun témoignage direct*. C'est ainsi que Leverrier reconnut l'existence d'une planète qui n'avait jamais été vue et qu'elle fut découverte dans la région du ciel qu'il avait indiquée. Ces exemples prouvent amplement que personne ne saurait à l'avance fixer ce que l'homme est capable de découvrir; et combien est *vain* le système d'affirmations et de définitions par lequel l'école en question a prétendu régler la marche de la science et indiquer les limites qu'elle ne saurait dépasser. Cette *vanité* est, à coup sûr, ce qu'il y a de plus *positif* dans son enseignement. Elle n'est égalée, peut-être, que par la *naïveté* qui lui a fait croire que l'on a réellement construit tout un système de philosophie scientifique *positif* par des *définitions* qui ne sont que la paraphrase ou le développement, sans preuve aucune, de l'affirmation principale soulignée plus haut. Les auteurs du système s'y étant laissé prendre, il n'est pas étonnant qu'ils aient recruté des adeptes entraînés, d'ailleurs, par une honnêteté incontestable et un air doctrinal convaincu. Mais pour ceux qui veulent y regarder de plus près, cela ne suffit pas. Et l'on a vu ce que devient la nécessité prétendue d'un témoi-

gnage visuel pour être autorisé à affirmer *une existence quelconque*. Passons maintenant à celle de la molécule.

Le passage est d'autant plus naturel que je prendrai pour démontrer son existence *invisible* un corps qui l'est également : l'*air*, dont les éléments constitutifs indéniables fournissent la preuve physique par leurs poids et leurs volumes que la substance chimique des corps *n'est pas divisible à l'infini*.

En effet, les deux gaz dont il s'agit ne se rencontrent jamais combinés que sous des poids invariables dans la proportion de 8 pour l'oxygène et 14,16 pour l'azote, ou bien 2, 3, 4, 5 fois *huit* pour le premier et toujours 14,16 pour le second; ce qui accuse très nettement l'individualité chimique de l'oxygène représenté par 8; ce poids étant rapporté à l'hydrogène pris pour unité de poids et de volume. L'une quelconque de ces proportions, la première par exemple, qui est celle du protoxyde d'azote, reste la même à quelque moment et sous quelque état de division qu'on la prenne, mais pas au delà d'une certaine division en volume. C'est que si les corps gazeux liquides ou liquéfiés par la fusion semblent, au premier abord, fournir un appui à la division géométrique idéale poussée à l'infini; soumis à l'expérience ils donnent, au contraire, la preuve physique d'un arrêt dans cette division. Si cette dernière était infinie, il n'y aurait ni gaz ni liquide qui ne pussent passer à travers certains corps poreux; or l'expérience a prouvé que certains gaz ou liquides qui passent à travers certains corps poreux ne passent pas à travers d'autres qui le sont moins. Ce qui ne peut être imputé qu'à *un volume déterminé*, qui est celui de la plus petite division possible du corps, c'est-à-dire de sa molécule[1]. Il importe d'ajouter ici, à l'appui de ce qui précède, que l'existence de la

1. A ce propos Pouillet, dans ses *Éléments de physique expérimentale* à l'article *Porosité* mentionne comme offrant des différences dans leur aptitude à traverser des corps poreux : l'eau, l'alcool, l'éther, les diverses solutions acides ou alcalines, le mercure, l'huile, le soufre fondu, l'air et les différents gaz, sans toutefois en tirer aucune conséquence, relative au sujet en question. Tandis que le poète Lucrèce qui avait beaucoup moins d'exemples à sa disposition a très nettement vu l'importance du fait à l'égard de la divisibilité des corps ainsi que l'atteste le passage suivant du livre II de son poème *de Rerum natura*. Et maintenant, dit-il, il nous est bien facile de nous expliquer pourquoi le feu de la foudre perce les obstacles plus aisément que nos feux terrestres; il suffit de répondre que la foudre qui vient du ciel est un feu plus *subtil* qui traverse *des pores* où ne saurait passer notre feu terrestre. Ajoutons que *la lumière* traverse *la corne* qui est impénétrable *à l'eau*. Pourquoi, si ce n'est que les atomes de la lumière sont plus déliés que ceux qui constituent l'eau. Nous voyons encore le vin passer en un clin d'œil à travers le filtre, tandis que l'huile paresseuse hésite à passer, soit qu'elle se compose d'éléments plus grossiers ou plus étroitement enlacés; et de là vient que ses atomes ne peuvent se séparer aussi soudainement pour s'introduire *un à un* dans chacun des pores qu'ils rencontrent.

molécule, ne fût-elle pas démontrée comme elle vient de l'être ; il faudrait l'admettre encore, ne fût-ce que pour fournir à la *loi* un *objet défini* auquel elle puisse s'appliquer. Cet objet ne saurait être un corps minéral visible sous une forme et un poids arbitraires, ni une division quelconque qui en proviendrait, non moins arbitrairement ; mais une *division définie*, *absolue*, *prévue* et *voulue*, comme la seule capable d'*individualiser* un corps quelconque, et de fournir aux lois naturelles *incontestables* les éléments premiers dont elles régissent les évolutions. Ces éléments sont les *molécules*. Ainsi, pas de molécules, pas de lois. Il y a des lois, donc il y a des molécules.

2. — Il y a donc un poids et un volume moléculaires différents pour chaque corps. Or, cette différence entre les corps emporte avec elle cette conséquence que les *molécules dites simples* doivent être composées d'un grand nombre de parties toutes pareilles ; ce qui rend compte du fait que, par elles-mêmes, elles n'ont aucune propriété, et que tous les corps sont également sollicités directement par la pesanteur. Mais en même temps le nombre en doit être différent pour chaque corps moléculaire et disposé plus ou moins différemment, afin de donner lieu aux *phénomènes variables* résultant du jeu de la chaleur sur les molécules, et que l'on a fort improprement appelés *propriétés des corps*. Ces parties dernières de la substance des corps peuvent, sans inconvénient, être supposées *insécables* et recevoir le nom d'*atomes ;* tandis que les *petits corps définis* en poids et volumes qu'elles contribuent à former, et qui ont déjà été appelés *molécules simples*, recevront un nom plus en rapport avec l'édifice qu'elles constituent, en réalité, en les appelant *molécules primaires ;* et d'autant mieux que ce nom cadre le plus naturellement du monde avec les combinaisons qui en dérivent et appelées depuis longtemps *binaires*, *ternaires*, etc.

Au *poids* de la molécule, dernier terme *de la division chimique* des corps, fourni par l'analyse, correspond donc son *volume fini*, dernier terme de *leur division physique*. Quel est ce volume ? doit-il rester indéterminé en vertu de l'hypothèse que les molécules, dans les corps aux trois états, seraient éloignées les unes des autres ? Si l'on veut sérieusement prendre une notion exacte sur ce point intéressant, capital de la constitution intime des corps, et que l'œil ne suffise pas à la tâche, ce n'est pas au *télescope et aux idées qui s'y rattachent* qu'il faut

recourir[1], mais bien au *microscope*, qui, en dévoilant les formes, les constitutions et les connexions des derniers éléments des substances animales et végétales (appelées cellules) acheminent sûrement l'esprit vers l'idée qu'il doit se faire des derniers éléments simples ou composés des substances minérales ou *molécules*. A coup sûr, dès que l'on aura vu les *cellules* du foie, celle d'un grain de blé, surtout, plus voisin du règne minéral, la manière dont elles sont serrées les unes contre les autres en se polyédrisant, les cellules allongées à sections polygonales du système ligneux des végétaux, on ne saurait logiquement se soustraire à la conclusion qu'il en est de même des minéraux qui, par la forme *granuleuse* et accidentellement *fibreuse* de leur cassure, ne peuvent représenter autre chose que *l'agglomération visible* de polyèdres et de prismes formés eux-mêmes des polyèdres et des prismes *invisibles* que constituent les molécules elles-mêmes. Ici la conviction acquise ne prend ses éléments que dans le monde infiniment petit compris entre celui qui échappe à la vue directe, jusqu'à celui qui échappe au microscope ; mais qui est ressaisi par celui-ci dans le caractère formel d'agglomérations *visibles*, composées nécessairement d'éléments de même forme qui ont *cessé de l'être*, ainsi que cela arrive plus ordinairement dans les cristaux. Et, forte de la base sur laquelle elle repose, elle ne prend nul souci de la question de savoir si elle s'accommode avec les *hypothèses nécessaires* aux théories reçues mécaniques, physiques ou chimiques. C'est à celles-ci d'abandonner ses hypothèses pour se plier aux faits ; de reconnaître, *l'existence objective de la force-chaleur* qu'elles repoussent par une *hypothèse* mécanique du mouvement, dont elles ne comprennent pas les effets ; de constater le fait, connu depuis longtemps et qui sera de nouveau mis en évidence ci-après, *de la variation* des chaleurs spécifiques avec la température qu'elles remplacent arbitrairement par une hypothèse d'une constante de chaleur pour chaque degré de l'échelle thermométrique ; et enfin de reconnaître le contact des molécules dans tous les corps, au lieu et place de l'hypothèse absolument gratuite et folle d'un système sidéral moléculaire que j'examinerai d'ailleurs un peu plus loin pour en montrer l'absurdité, et qui semble n'avoir été inventé que pour étonner et confondre les naïfs et nouveaux adeptes de la science et entretenir la dévote ferveur des anciens.

1. Ceci dit, en passant, par allusion au système moléculaire sidéral.

Pour terminer ces notions préliminaires qui d'ailleurs s'affirmeront et se complèteront de plus en plus à mesure que cette investigation sera poussée plus loin, on peut se demander de quelle manière *les molécules primaires* sont constituées par *les atomes de la substance unique des corps* sur l'existence de laquelle tout le monde paraît d'accord, quitte à se quereller sur *son essence intime*, ce à quoi je ne saurais m'arrêter dans cette étude. Faut-il admettre, dans ce cas, le système sidéral ou le chaos que l'expérience autorise à repousser également pour les molécules à l'égard des corps dont elles font partie? Je crois que l'on ne saurait admettre de chaos que dans un monde phénoménal nouveau en voie de formation par la constitution de nouvelles molécules primaires pareilles ou toutes différentes de celles que nous connaissons ; et que la similitude nécessaire reconnue dans les atomes exclut le système sidéral qui réclame des atomes de dimensions et de structures différentes. Disons donc que ces atomes doivent être plutôt rassemblés dans une contiguïté analogue à celle des molécules dans les corps, en attendant, pour être plus explicite à cet égard, les indications qui pourraient surgir d'une investigation plus complète des molécules elles-mêmes.

3. — J'ai cherché longtemps le criterium d'après lequel je pourrais pousser plus loin la connaissance positive de celles-ci, qu'elles fussent simples ou composées ; et, après de longues réflexions interrompues et reprises, il m'a paru qu'il suffirait pour cela, indépendamment de considérations secondaires, de partir de ce principe très simple : *Que toutes les molécules sans distinction ne sauraient être régies dans leur rapports mutuels les plus constants et les plus généraux par une mécanique différente de celle des corps visibles.* Dès lors, partant de là, je me demandai quelle forme il faudrait donner à des petits morceaux de bois de même dimension pour qu'il eussent au maximum, étant placés dans un récipient et celui-ci étant graduellement renversé, la faculté de rouler les uns et les autres, autrement dit *de s'écouler*. La réponse ne pouvait être douteuse ; c'était la *forme sphérique*. Or les corps liquides et gazeux naturellement à l'état de division moléculaire possédant cette faculté à un degré plus ou moins élevé, on ne pouvait douter que leurs molécules *à l'état de liberté complète* dussent être sphériques. Mais comme elles ne sont guère absolument séparées, que lorsqu'il s'agit pour elles de passer

dans un détroit du diamètre du leur, il est plus prudent de se borner à affirmer leur *polyédricité* qui, vu leur extrême petitesse, ne saurait être un obstacle à leur facile écoulement.

Il va sans dire que les solides, à l'*état de fusion*, sont dans le même cas. Mais, ce qui est invraisemblable, au premier abord, et ce qui, pourtant, a été établi par les remarquables expériences de M. Tresca, c'est que les molécules de ces mêmes corps, à leur état naturel, conserveraient la faculté de s'écouler *sous une pression suffisante;* ce qui est dû surtout à une autre particularité intéressante des molécules qui sera étudiée plus loin.

Un second caractère très important des molécules résulte de la comparaison de deux d'entre elles ayant le même volume et deux poids différents, comme l'hydrogène et l'éthylène par exemple. Le premier de ces deux gaz ayant un poids égal à l'unité et l'autre à 14, si l'on suppose un instant que la masse de substance atomique correspondant à ce dernier poids suffit à remplir la molécule d'éthylène, il est clair que la première doit offrir *un creux considérable.* Mais tous les hydrocarbures de la deuxième famille à laquelle l'éthylène appartient ayant le même volume et des *poids. croissants*, on voit que la même observation faite, à l'égard de ce dernier gaz et de celui qui le suit immédiatement dans la série, conduirait à reconnaître, que l'éthylène a aussi une molécule creuse et que l'on arriverait successivement à une conclusion semblable, non seulement pour les molécules de vapeur de toute la deuxième famille, mais encore pour toutes celles des hydrocarbures en général. Il n'y a d'ailleurs pas un corps simple et même composé à propos duquel on ne puisse invoquer ce même argument. *Donc toutes les molécules sont creuses;* on verra bientôt combien cette notion est importante à tous les points de vue. Quant aux enveloppes qui en constituent la partie essentielle et invariable comme *masse* et non comme *forme* et *dimension*, les unes devront être *pleines* les autres plus ou moins *ajourées* ainsi que *l'exigent* les caractères différents qu'elles présentent à la vue quand elles sont réunies en masse sous la forme corporelle. Des accidents de surface doivent également exister pour donner lieu aux modifications que la lumière reçoit de leur contact en se réfléchissant et aux aptitudes différentes à l'écoulement observées dans les corps à l'état liquide plus particulièrement. J'aurai à relever, tout à l'heure, d'autres caractères essentiels et non moins évidents que les premiers dans les molécules. Mais aupa-

ravant, je crois pouvoir tirer des investigations déjà faites à leur sujet cette conclusion importante au point de vue général et philosophique: c'est que, ainsi qu'on a pu le voir déjà, les molécules primaires *ne sont pas les atomes que l'on a cru,* mais bien des édifices créés de toutes pièces en vue de la production de phénomènes déterminés et de lois préconçues. La grave erreur scientifique et philosophique que j'ai soulignée étant écartée, j'examinerai celle non moins grave qui s'y rattache au point de vue cosmogonique et au point de vue moléculaire, afin d'éloigner, de l'esprit de ceux qui m'écoutent ou me liront, toute préoccupation de ce double chef, à l'égard de la conception toute différente des choses par laquelle je m'efforce de remplacer celle qui jouit encore de la faveur du monde savant.

4. — La théorie moléculaire en faveur est celle de Gassendi, avec le mouvement en plus. Elle suppose, pour commencer, l'existence d'atomes matériels, c'est-à-dire *indivisibles,* mais ayant des poids et des volumes différents ; ce qui est absolument contradictoire. De plus elle admet que dans les corps aux trois états, *solide, liquide, gazeux,* ces atomes sont séparés par des espaces considérables par rapport à leurs dimensions et qu'ils évoluent comme des systèmes sidéraux dont les orbites augmentent accidentellement sous l'influence d'une élévation de température (dilatation). Dans cet ordre d'idées une combinaison chimique pour les petits mondes qui constituent les corps qui se combinent, est un *cataclysme* dans lequel les atomes sidéraux se précipitent les uns contre les autres. De leur choc résulte un mouvement vibratoire (chaleur ou lumière), qui se répercute dans tous les sens par l'intermédiaire de l'éther, *fluide hypothétique,* que l'on suppose remplir les espaces interplanétaires et moléculaires, *à l'invention duquel on a dû recourir,* après avoir nié toute espèce de fluide et notamment ceux qui crèvent les yeux, secouent rudement les autres sens et l'esprit par l'intensité accidentelle de leurs affirmations. Le système est un peu différent pour les gaz dont les atomes seraient séparés les uns des autres par des espaces relativement immenses et qui rempliraient suivant M. Clausius la condition de presser *également* dans tous les sens les parois du récipient qui les renferme, en se choquant réciproquement et rebondissant énergiquement contre lesdites parois. *C'est le cataclysme sidéral moléculaire à l'état permanent.*

Cette théorie est la conséquence naturelle de l'hypothèse cosmogonique qui n'admet dans l'univers que de la matière et du mouvement, en négligeant de nous apprendre ce que peut bien être cette substance extraordinaire unique, et de nous prouver qu'il n'y en a pas d'autres. Elle fait d'ailleurs table rase de *l'intelligence*, de *la volonté*, de *l'impulsion*, facteurs importants sans lesquels aucun être intelligent au monde n'a jamais vu un simple mouvement relatif de quoi que ce soit se produire à la surface de la terre. Et que l'on ne dise pas que ces faits terrestres n'ont aucun rapport avec le mouvement des planètes autour du soleil ; puisque les astronomes reconnaissent que le phénomène de la gravitation est, par rapport au soleil, un phénomène identique à celui de la pesanteur en vertu duquel un boulet lancé horizontalement à la surface de la terre exécute son mouvement par rapport à celle-ci ; de telle sorte que si, dans ce dernier cas, l'intervention des trois facteurs ci-dessus a été nécessaire, elle a été non moins indispensable dans le premier qui a eu *son commencement*, comme ceux de l'ordre le plus infime, par la raison que les uns et les autres ont été précédés *de la création des molécules primaires* ainsi qu'on vient de le voir.

Quand on cherche la raison de tous ces écarts, de toutes ces hautes fantaisies scientifiques, voici, à mon avis, ce que l'on trouve : C'est que la *science mathématique*, trouvant en elle-même ses éléments abstraits de progrès, a dû marcher d'un pas infiniment plus rapide que toutes les sciences d'observation et d'expérimentation dont les éléments constitutifs, au contraire, exigent des instruments délicats, des recherches longues, minutieuses, difficiles et souvent dangereuses. Il en est résulté que les mécaniciens, en possession, longtemps d'avance, d'un instrument incomparable, se sont naturellement montrés impatients de l'appliquer, et ont rarement attendu la découverte des résultats pratiques qui leur auraient été nécessaires pour en faire l'application avec toute la sûreté et l'utilité désirables. C'est à cela, surtout, au besoin de suppléer aux faits, qu'il faut attribuer l'invasion de l'hypothèse, des théories hâtives, imparfaites, comme celles relatives à la lumière, l'électricité, la chaleur, la résistance des matériaux, etc., ainsi que les cosmogonies astrales et moléculaires ; et finalement une habitude d'esprit telle, que tout le monde est persuadé *qu'aucune science ne peut avancer sans recourir à l'hypothèse!* A mon avis ce préjugé est aussi faux que dangereux, par la raison très simple qu'à la facilité relative très grande que présente l'invention des hypothèses et des théories que

l'on y adapte, que l'on assouplit autant que l'on veut au désir d'arriver à des formules d'un caractère plus général, se joint l'avantage que l'on peut s'y adonner, sans dérangement, au coin de son feu avec un morceau de papier et un crayon. Ce qui éloigne de plus en plus les meilleurs esprits des recherches expérimentales qui sont loin de présenter de si agréables commodités. Cela est si vrai, que l'on trouve le plus ordinairement des traités intitulés *pratiques* qui ne renferment pas une seule page d'expériences sérieuses. C'est le plus souvent le cas des traités de physique et de ceux relatifs à la résistance des matériaux.

Les chimistes, appelés par la nature de leurs travaux à voir les choses de plus près et sous leur véritable aspect, et à fournir des résultats pratiques et des lois naturelles et positives aux sciences qui se rattachent à *la première et à la plus importante des sciences expérimentales* qui est la leur, doivent donc se tenir en garde, avec le plus grand soin, contre de tels entraînements. Ils ne sauraient trop se persuader que pour asseoir définitivement leur admirable et utile science sur des bases inébranlables, ils doivent avoir pour principal souci de rassembler les résultats d'expériences établissant *la forme sérielle des combinaisons*, hors de laquelle il n'y a pas de lois ; et que celles-ci doivent surtout porter sur les rapports des poids moléculaires avec les volumes, les points de fusion, d'ébullition, les quantités de chaleur dégagées dans les combinaisons, etc. ; ce à quoi l'on peut arriver presque exclusivement, ainsi que je le ferai voir, avec une connaissance de la géométrie analytique de la nature la plus élémentaire. Nulle nécessité, quant à présent, de recourir à la mathématique transcendante. Les questions qui se présentent sont heureusement d'une nature plus simple et s'accommodent d'un instrument, plus terre à terre. C'est moins imposant; mais c'est plus sûr. On n'en saurait fournir une meilleure preuve que l'idée mécanique très vulgaire par laquelle je me flatte d'avoir donné quelques idées justes et nettes sur la constitution moléculaire des corps. C'est en me maintenant dans cette voie que je reprendrai ce sujet pour écarter les idées rappelées quelques lignes plus haut sur la chimie sidérale, et celles de la nouvelle école de chimie sur le groupement des molécules dans les corps composés ; donner la vraie et très simple solution de cette question et la continuer jusqu'au point qui permettra de faire comprendre, pour la première fois, le rôle de la chaleur dans les corps ; en quoi consistent la chaleur spécifique et la dilatation ; et comment il se fait que les gaz exercent une pression

égale sur les parois des récipients qui les renferment, sans se livrer à ce furieux mouvement chaotique qu'on leur prête aujourd'hui.

5. Je reviens maintenant au système moléculaire sidéral, dont j'ai dû montrer le rapport avec la cosmogonie réfutée des mécaniciens, pour l'examiner en détail. Je ferai remarquer d'abord qu'un pareil système exige de toute nécessité une *molécule centrale régulatrice* d'une dimension supérieure à toutes les autres et disposant en outre d'une quantité de chaleur infiniment plus grande. S'il en était ainsi, tous les corps simples ou composés seraient *dépourvus d'homogénéité;* ce qui est contraire à l'expérience. De plus les aptitudes aux combinaisons dépendant absolument de la quantité de chaleur attachée aux molécules, seraient variables dans les diverses parties d'un même corps; ce qui n'a pas lieu. D'un autre côté, les distances admises entre les molécules et le faible diamètre relatif de celles-ci auraient pour résultat qu'aucun corps ne pourrait servir de récipient aux liquides et aux gaz qui passeraient à travers ses parois comme l'eau à travers un crible à larges mailles. Mais ce qui passerait surtout à travers tous les corps ainsi formés ce serait la lumière. Tous les corps seraient *diaphanes.* Il faudrait encore concilier ce système, où les molécules seraient entraînées dans un mouvement rapide orbitaire ou dans de perpétuelles collisions comme celles supposées dans les gaz, avec un fait physique d'observation constante établissant que les cristallisations ne peuvent se former que *dans un air calme et un repos absolu.* Mais quand un mécanicien tient une théorie bien préparée pour le calcul, il a par une grâce spéciale, les yeux fermés sur les faits contradictoires les plus saillants qui la battent en brèche. Pour lui l'élasticité des corps est représentée par l'équation d'une ligne droite passant par l'origine des coordonnées ; ce qui est démontré faux par l'expérimentation faite sur une grande échelle. En optique, le système des ondulations de Fresnel vient misérablement échouer contre un fait expérimental des plus simples ; car la manière dont les ondulations, produites dans une pièce d'eau, se comportent à l'égard d'un pieu qu'on y plante verticalement prouve que, dans ce système, *il n'y aurait pas d'ombre ; le soleil éclairerait en même temps la terre sur toute sa surface;* d'un autre côté, les sons ne se meuvent pas avec la même vitesse malgré les calculs qui ont prétendu établir le contraire, et il n'est pas douteux qu'il en soit de même de la lumière, etc. Ces exemples montrent le cas qu'il faut faire des

théories les plus brillantes au point de vue du calcul. Concluons donc que nos yeux ne nous trompent pas quand, avec ou sans microscope, ils nous apprennent que les molécules des corps aux trois états se touchent ; ce qui permet d'assimiler les molécules du gaz à des ballons en caoutchouc qui, étant en contact et remplissant une capacité, ne peuvent être pressés en un point sans que l'effet en soit transmis dans toutes les directions ; ce qui nous fournit, par parenthèse, un nouvel exemple de la clarté avec laquelle les faits les plus élémentaires de la mécanique visible rendent compte des faits analogues de la mécanique moléculaire.

6. — Ainsi, il est bien et dûment établi que par la nécessité de se prêter à l'écoulement, par leur poids et leur volume différents, par le témoignage de la vue et les faits qui le corroborent, les *molécules primaires ou composées* libres de se constituer physiquement suivant les conditions naturelles en corps aux trois états, sont *sphériques* plus ou moins accidentées à leur surface extérieure ; qu'elles sont *creuses* et qu'elles *se touchent*. On verra bientôt que ce contact même dans les gaz va jusqu'à produire la *polyédrisation*. Il résulte également de là que les molécules composées se forment par *l'emboîtement de leurs molécules constituantes*, puisque c'est la seule manière qui leur permette d'être *sphériques* ou *polyédriques*, de constituer *des corps composés homogènes* dont les molécules aient les mêmes aptitudes et facilités à se combiner de quelque côté qu'elles soient abordées par celles avec lesquelles elle peuvent contracter une nouvelle association. Et l'on aperçoit, alors, pourquoi elles sont *creuses ;* pourquoi, il y a des grandes et des petites molécules et surtout des molécules gazeuses, les plus grandes de toutes à la température ordinaire. On prévoit, tout de suite, que celles-ci joueront, le plus souvent dans les combinaisons à l'égard des autres le rôle *d'enveloppe ;* et qu'une petite molécule pouvant être l'enveloppe d'une molécule plus petite encore soit normalement soit accidentellement[1] il en résulte de toute nécessité que toutes les molécules ont une particularité de structure commune consistant en *des ouvertures polaires plus ou moins rétractiles* permettant à

1. C'est ainsi que les deux molécules combinées oxygène et hydrogène qui ont accidentellement un volume égal à 0,000865, tandis qu'à l'état libre elles ont un volume égal à 1,500000, peuvent former le noyau d'une molécule d'un volume inférieur au précédent.

l'emboîtement de s'effectuer quand les autres conditions, dont il sera question ci-après nécessaires à la production du phénomène, viennent s'y joindre. Il suit de là que si l'on veut établir la notation des composés en commençant par la molécule enveloppe, on écrira les divers corps dont les noms suivent, ainsi que l'indiquent les formules placées au-dessous :

Eau.	Oxyde de calcium.	Acide sulfurique anhydre.	Acide hydraté.	Carbonate de chaux.
OH.	O Ca.	O^3S.	O^3S. OH	O^2C. OCa.

Oxyde d'azote.	Acide chlorhydrique.	Chlorure d'argent.	Acide acétique.
OAz	ClH.	ClAg.	$O^3C^4H^3$ OH

et non $O^4C^44^4$ comme l'écrit la nouvelle école ; ce que j'établirai d'une manière indiscutable, aussi bien que la situation extérieure des molécules auxquelles est attribuée la fonction d'enveloppe. Ce sont les corps obtenus par substitution qui en fourniront la preuve aussi bien que cette autre également très importante à savoir : que toutes les molécules primaires sont formées de la même *substance dite matérielle*, ainsi que je l'ai déjà déduit d'un ordre de considérations différent.

7. — Si l'on veut bien noter que la faculté d'expansion d'une molécule sous l'influence de la chaleur doit être en rapport avec la quantité de ladite substance dont elle est formée, on comprendra tout de suite pourquoi dans l'alumine, O Al = 17,13 dont l'oxygène, à l'état ordinaire, présente un volume 1530 fois plus grand que l'aluminium, ce métal ne puisse jamais se gonfler par la chaleur au point de forcer son enveloppe et de se dégager ; tandis qu'il en est tout autrement dans le cinabre S^2 H qui étant composé de soufre et de mercure ayant à peu près le même volume moléculaire *à la température ordinaire* diffèrent, à l'état de vapeur, dans le rapport de 1 à 2. C'est surtout dans les composés oxygénés des séries azotique et chlorique, se décomposant par la chaleur, que se montre l'influence du volume de la molécule formant le noyau (azote et chlore); ce volume étant le double de celui de l'oxygène, et les poids étant respectivement 14.16 et 35.41 au lieu de 8.

Par contre *l'acide sulfurique* O^3S ayant pour noyau une petite molécule offre une très grande stabilité. Je n'entends pas signifier par ces exemples que la question de volume jointe à celle du poids soit tout

dans la mécanique moléculaire de la décomposition du corps par la chaleur ; mais montrer seulement qu'elle est un des facteurs à dégager parmi ceux qu'il faut connaître pour bien comprendre la réduction des minerais métalliques, perfectionner les procédés en usage ou en trouver d'autres. Il n'est pas douteux, par exemple, que la capacité calorifique des constituants y joue un grand rôle ainsi que les modifications relatives qu'elle éprouve suivant que la molécule considérée est à l'état d'enveloppe ou de noyau. C'est là un point sur lequel nous avons tout à apprendre et sur lequel je reviendrai dans une autre occasion.

8. — Du système d'emboîtement inévitable dont il vient d'être question et qui n'est autre que celui, que la nature met en usage dans ses constructions végétales et animales, fruits, graines, cellules, prolongé jusqu'aux formations minérales, je rapprocherai d'une manière sommaire, pour terminer, ce que j'ai à dire des inventions classiques correspondantes. Je prendrai pour cela deux combinaisons typiques *l'eau* et *l'ammoniaque* qui donneront une idée suffisante du reste où l'on trouve, par parenthèse, des *représentations planes de molécules composées en chaînes ouvertes ou fermées* qui rappellent certaines constellations célestes; ce qui est assez de mise dans une chimie sidérale. L'eau *supposée* représentée par la formule $H^2 O = 18$, le serait graphiquement par une sorte d'haltère ayant au centre une molécule d'oxygène (école moderne) égale à 16 au lieu de 8 et à chaque extrémité une molécule d'hydrogène. L'ammoniaque serait un petit corps triangulaire ayant à chaque sommet une molécule d'hydrogène et au centre une molécule d'azote. Il faut avoir une dose d'imagination extraordinaire pour ne pas reculer devant la complication des forces qu'il faudrait à de pareils systèmes ; pour admettre même, cette première difficulté résolue, qu'ils possèdent la moindre stabilité ; qu'ils puissent former *les structures homogènes* qu'on remarque aussi bien dans les corps composés que dans les corps primaires ; et enfin qu'ils soient capables de satisfaire à la double *condition mécanique de rouler et de transmettre dans tous les sens les pressions reçues*. Le crédit qu'on leur a donné vient de ce que l'on a négligé d'examiner la question sur toutes ses faces en partant de principes et de constatations aussi simples qu'incontestables. Cela fait, il doit être évident, pour tout esprit logique, que de telles inventions et le système

auquel elles se rattachent sont absolument insoutenables et qu'il n'y a d'autre parti à prendre que de se résigner à adopter le seul qu'on puisse lui opposer : celui qui a été exposé dans les pages précédentes et qui va être complété rapidement dans les suivantes, tant au point de vue des caractères particuliers à la molécule que de la place qu'y occupe la chaleur et de la manière dont elle y exerce son action.

9. — A la constatation qui a été faite de ce caractère général des molécules qu'elles sont toutes aptes à s'écouler pourvu qu'elles soient soumises à une pression suffisante, il faut joindre cette mention qu'elles le sont d'une manière différente qui a été caractérisée : pour les solides, par les mots *plastique*, *malléable*, *ductile ;* pour les liquides, par les mots : *très mobile*, *mobile*, *huileux*, *sirupeux*, et pour les gaz, par le mot *fluidité*, qui peut être considéré comme exprimant à un degré très élevé tous les caractères précédents et par celui de *subtilité*, qui indique une fluidité extrême, propre à certains gaz en petit nombre comme l'*hydrogène* et l'*ammoniaque* et qui, par son caractère exceptionnel, se prête mieux qu'aucune autre à l'analyse de cette intéressante faculté. L'expérience a montré, en effet, que pendant longtemps on avait été obligé de renoncer à l'emploi de l'hydrogène pur pour les aérostats, bien qu'il fût le gaz le plus avantageux par sa faible densité, et, par conséquent, par sa force ascensionnelle, et de le remplacer par le gaz d'éclairage dont le volume était le même, mais la densité quatorze fois plus forte. D'un autre côté, on a pu employer l'air comprimé comme propulseur d'un piston, bien qu'il contienne des molécules d'oxygène d'un volume moitié plus petit que celui de l'hydrogène et diminué encore par la compression ; tandis qu après maints essais et malgré l'avantage qu'elle semblait offrir à un certain point de vue, on a été obligé de renoncer à l'*ammoniaque* dont le volume, à la pression atmosphérique ordinaire, est quatre fois celui de l'oxygène, tandis que sa densité est moitié moindre. Le premier fait expérimental ne peut s'expliquer que par la raison que l'hydrogène ayant une paroi plus mince et par conséquent plus flexible, s'étire *en forme de fuseau* jusqu'à ce que son plus grand diamètre soit réduit au diamètre du *détroit à franchir* que présente le tissu de la capacité qui le renferme. La même conclusion se tire pour le second fait de la subtilité plus grande, de l'ammoniaque comparée à l'oxygène ; puisque le premier gaz, avec un volume quadruple et une densité moitié moindre, s'échappe des récipients qui retiennent le second.

De ces deux exemples on relève cette notion : c'est que la *fluidité* n'est pas autre chose qu'un exemple, particulièrement saillant dans les gaz, de la faculté qu'ont toutes les molécules de s'écouler en se déformant à des degrés divers suivant la pression, la manière dont elle s'exerce, la résistance opposée par les molécules en raison de l'épaisseur de leur paroi. Elles peuvent donc toutes s'allonger, s'étirer, ou, sous une pression égale dans tous les sens, prendre la *forme polyédrique*. C'est bien là, en effet, ce que l'on observe dans les bons fers étirés à la filière ou au laminoir et dont la cassure présente l'aspect *fibreux* qui n'est autre que la réunion de molécules contiguës, ayant la forme de prismes à sections polygonales ; tandis que le fer à grain correspondrait à la constitution polyédrique de la molécule. L'action interne qui donne aux molécules cette polyédricité, indépendamment de celle provenant de la pression externe, est égale à celle qu'il faut déployer pour les séparer ; et l'on sait qu'elle est considérable dans un certain nombre de métaux. Elle n'est pas nulle même dans la vapeur d'eau, puisqu'on la voit s'amonceler en nuages ; et elle ne saurait l'être non plus dans les gaz dont les molécules, sous son influence et celle de la pression externe, doivent d'autant plus se polyédriser que leur paroi est toujours, relativement à leur volume, plus mince et moins résistante, par conséquent, que dans les autres corps. On doit donc reconnaître que tous les corps, sont constitués *par le groupement et le contact polyédrique de leurs molécules*.

10. — La conclusion qui précède va nous permettre d'ajouter une notion importante de plus à celles que nous avons déjà acquises sur les molécules : *c'est celle de leur volume réel*. C'est qu'en effet, dès l'instant où ces éléments des corps se touchent de toutes parts, il est évident que la densité de ces derniers n'est autre que celles de leurs molécules ; et que, par conséquent, le volume de celles-ci, leur poids étant connu, est donné par la même formule que celui d'une portion quelconque du corps auquel elles appartiennent, c'est-à-dire par : $V = \frac{P}{D}$; seulement, comme les poids moléculaires du corps sont rapportés à l'hydrogène, il convient d'y rapporter aussi la densité ; ce que l'on obtient en multipliant par 11 173 les densités prises par rapport à l'*eau*, et par 14,45 les densités par rapport à l'*air* ; l'eau étant 11 173 fois et l'air

14,45 fois plus lourds que l'hydrogène. D'après ces bases, le volume de l'oxygène dont le poids = 8, sera donné par la formule :

$$V = \frac{8}{1.1056 \times 14,45} = \frac{8}{15,97} \text{ soit } \frac{8}{16} = 0,50$$

ce qui est d'accord avec l'expérience volumétrique de Gay-Lussac, d'où il résulte que l'eau se forme par la condensation de volumes d'hydrogène et d'oxygène dans le rapport de 1 à 0,50, correspondant exactement à des poids respectivement égaux à 1 et à 8. Les autres expériences volumétriques de Gay-Lussac trouvent également leur confirmation dans cette même loi générale des volumes moléculaires.

On voit par là, qu'il n'y avait pas lieu d'avoir recours à l'hypothèse pour interpréter les expériences volumétriques dont il s'agit; puisqu'elles se trouvent d'accord avec les volumes calculés d'après les poids et les densités déterminés par des expériences indépendantes des précédentes et par une véritable *loi générale des volumes*. C'est également à tort que l'on a qualifié de, *loi des volumes*, les expériences de Gay-Lussac, puisque d'après la notion de la loi qui a été définie dans l'introduction, il y manque la 2e série des éléments nécessaires pour la constituer. Ce ne sont que des expériences volumétriques qui confirment les résultats des calculs des volumes d'après la loi générale expérimentale ci-dessus et rien de plus. A ce titre, elles sont encore intéressantes; mais il a fallu être hanté par une aberration d'esprit rare pour en faire une colonne de l'édifice élevé par la nouvelle école de chimie. Elle n'est d'ailleurs pas plus grave que celle qui a conduit à voir une autre *loi* dans les résultats des expériences de Petit et Dulong sur les chaleurs spécifiques, et à doubler arbitrairement les poids moléculaires; autre colonne du même édifice, aussi peu solide que la précédente comme on le verra plus loin. Quant à la véritable loi générale des volumes, on regrettera de ne l'avoir pas aperçue à travers l'épais nuage des hypothèses réfutées précédemment, quand on reconnaîtra que de son application à des séries de composés d'une même espèce, il résulte de nouvelles lois particulières qui servent à contrôler les poids moléculaires et à confirmer ou infirmer les méthodes par lesquelles ils ont été obtenus, tant en ce qui concerne les composés de la chimie minérale que ceux de la chimie organique.

C'est ainsi qu'ayant trouvé, par une méthode générale de détermination des poids moléculaires que je ferai connaître ultérieurement,

que le poids de l'aluminium est 9.13 au lieu de 27.50 admis par l'école moderne, et 13.75 par l'ancienne école, j'en trouvai la confirmation dans un groupe d'alliages d'étain et d'aluminium, présentée dans le dictionnaire de M. Wurtz, comme formant la série, SnAl, $SnAl^2$, $SnAl^3$, etc., où l'on a pris respectivement pour l'étain et l'aluminium le poids de 118 et 27.50. Les densités de ces composés ayant permis d'en calculer les volumes dans l'hypothèse des poids adoptés, il s'est trouvé qu'ils n'étaient reliés par aucune loi ; ce qui prouve l'inexactitude des poids moléculaires. L'application du poids de 9.13 pour l'aluminium et de 58.82 pour l'étain, montre que le groupe ci-dessus n'appartient pas à une série unique, mais à deux. Ce qui ramène la formule de l'aluminium à OAl au lieu de O^3Al^2, et donne, par surcroît, dans ce cas particulier, qui n'est pas le seul, un démenti *à la prétendue loi de l'isomorphisme.*

11. — Tout ce qui précède a eu pour but d'élucider la question de la constitution moléculaire des corps, comme préparation aux questions de savoir, quelle pouvait être la place occupée par la chaleur latente de constitution à l'intérieur de ces corps ; quel était son mode d'action, tant à l'égard des molécules supposées isolées qu'à celles réunies en un corps plus ou moins cohérent; et, finalement, quel était son rôle dans les combinaisons chimiques, etc. Ces diverses questions, qui paraissaient à première vue inabordables, comme les précédentes, peuvent être résolues facilement ainsi que je l'annonçai § 1, par ce que l'on sait maintenant des molécules et pourvu qu'on ne s'élance pas d'un coup d'aile ambitieux dans les espaces où l'on perd pied; mais que l'on continue à évoquer les combinaisons et actions mécaniques les plus simples; et qu'enfin, on ne perde pas de vue que ce qui correspond à l'état latent de la chaleur, c'est toujours un mouvement de translation ou de giration, ou les deux mouvements combinés, comme c'est le cas du mouvement de la terre dans l'espace. Mais avant tout, le premier point à fixer, c'est la place occupée dans les corps par la chaleur à l'un ou l'autre des deux états de mouvement ci-dessus ; or, cette place résulte du double fait constaté, que les molécules se touchent extérieurement de toutes parts et qu'elles sont creuses : *c'est l'intérieur de la molécule.*

Quant au mouvement, il doit être une combinaison des mouvements de giration et de translation, c'est-à-dire s'effectuer suivant une hélice à diamètre variable, se refermant sur elle-même en contournant le

diamètre polaire, de manière à ce que la chaleur effectue un cycle complet ininterrompu, ainsi que le représente la fig. 1 de la pl. 48; car c'est le seul où les forces, tout en exerçant l'action centrifuge sur la paroi de la molécule, et en lui donnant le volume particulier correspondant à une température ambiante déterminée, peuvent permettre à des forces supplémentaires de s'intercaler dans le circuit, d'allonger celui-ci en resserrant les spires et en exerçant sur les parois l'excédent de pression d'où résulte *la dilatation*. Ce qui montre, par parenthèse, que la chaleur d'où provient la dilatation correspondant à 1° du thermomètre à air, et qu'on appelle *spécifique*, n'est qu'une partie de la chaleur totale à laquelle la molécule doit son volume à n'importe quelle température, et la nécessité qu'il y avait d'avoir une idée nette de la constitution intime des corps pour en avoir une de *leur capacité calorifique*.

12. — Le mode de mouvement de la chaleur à l'intérieur d'une *molécule isolée* n'est pas seulement nécessaire aux effets qu'elle est appelée à produire dans celle-ci, mais elle l'est également à la fonction complémentaire qu'elle doit exercer pour réunir ensemble une file de molécules. Or ceci se réalise sans la moindre complication du mouvement précédent. En effet, il suffit de concevoir que sous l'influence du groupe de forces dont dépend chaque molécule, celles qui doivent être réunies se polarisent et viennent se mettre en contact bout à bout. A ce moment le cycle fermé d'une partie du faisceau des forces de chaque molécule se rompt pour aller rejoindre, par les ouvertures polaires, les cycles également et partiellement rompus des deux molécules voisines et ainsi de suite de proche en proche. Le résultat est un chapelet de molécules semblables reliées et serrées les unes contre les autres par un système de forces élémentaires douées d'un mouvement rapide hélicoïdal formant une hélice générale à autant de renflements qu'il y a de molécules, et qui ne se ferme qu'une fois par une hélice centrale sur toute la file de molécules considérées. Ce qui ne complique en rien la fonction de la chaleur à l'égard de l'ensemble de ces molécules quel qu'en soit le nombre, et laisse une place libre au centre de la file moléculaire pour le passage *d'un courant direct de chaleur à l'état d'électricité dynamique*.

Mais dans la formation d'un solide auquel il faut aboutir nous ne sommes encore qu'à mi-chemin. Pour la compléter il faut qu'une

molécule quelconque *m* fig. 3 d'une file soit reliée par le même système aux quatre m_1 m_2 m_3 m_4 situées dans le plan supérieur au sien, et aux quatre m'_1 m'_2 m'_3 m'_4 situées dans le plan inférieur. Ce qui exige que le faisceau de forces hélicoïdales qui la traverse se divise en cinq parties dont la première relie directement les molécules dans le sens vertical et les quatre autres latéralement pour revenir, aussitôt après, à la molécule supérieure de la même file centrale dont *m* fait partie. Le faisceau des forces moléculaires d'une molécule quelconque étant dans une situation analogue par rapport à ses voisines, on voit que les molécules étant reliées les unes aux autres dans tous les sens, sont en même temps toujours traversées par le même nombre de faisceaux secondaires et que par conséquent elles sont toutes soumises également à la même pression intérieure auxquelles elles doivent leur volume, et à la même action coërcitive de ces mêmes forces qui les presse les unes contre les autres et leur donnent la forme polyédrique.

Enfin, si dans des corps, offrant une structure particulière et une aptitude correspondante, comme un barreau d'acier trempé, on peut agir sur le faisceau des forces caloriques qui le constituent à son état actuel, de manière à attirer à demeure, aux extrémités et aux dépens du centre, un excédent de ces forces tel, qu'elles en dépassent plus ou moins la superficie; ces forces, extravasées, agissant par le même mécanisme au moyen duquel elles réunissent entre elles les molécules du barreau dont elles émergent, entraîneront et fixeront contre celui-ci, plus ou moins énergiquement, les parcelles ou tronçons d'un corps de même espèce placés dans son voisinage. Ce qui semble indiquer que le phénomène de *l'aimantation* n'est qu'un cas particulier d'équilibre des forces qui agissent à l'intérieur des corps pour les constituer à leurs divers états.

13. — Maintenant, comment les choses se passent-elles quand de nouvelles quantités de chaleur s'ajoutent par le chauffage à celles qui constituent les corps à l'état où nous les connaissons, à la température ordinaire, ou bien s'en échappent par un abaissement de cette température ou le contact avec des mélanges réfrigérants. L'expérience prouve que dans ce dernier cas l'état solide s'accentue par la contraction dans ceux qui le possèdent déjà et qu'il succède à l'état liquide chez d'autres. Tous les corps pouvant se trouver à ces deux états dans

deux conditions calorifiques successives absolument analogues, il s'ensuit qu'il y a une limite dans la possession du calorique par les corps où l'équilibre est rompu entre son action coërcitive qui réunit les molécules et son action expansive qui en éloigne les centres sans qu'elles cessent de se toucher et à la suite de laquelle chaque molécule voit rentrer dans son cycle moléculaire individuel tout ou partie de son calorique que dans l'état précédent elle échangeait avec ses voisines. Je me bornerai ici à constater ce fait sans chercher à l'élucider, parce que le problème me paraît moins facile que les précédents ; et que d'ailleurs, ce qui précède avec ce que je vais y ajouter suffira, pour donner aux recherches qui concernent la chaleur et notamment celles relatives aux chaleurs spécifiques et à la thermochimie une signification plus compréhensible et plus précise que celle que l'on s'en fait actuellement ; et peut être, pour contribuer à de nouvelles découvertes permettant de pousser plus loin ce mode d'investigation. Je me bornerai pour clore ce sujet à essayer de donner une idée du mécanisme par lequel s'effectue la combinaison par emboîtement qui fait une partie essentielle du système moléculaire exposé dans le présent chapitre.

14. —Les combinaisons s'effectuent principalement entre deux molécules à l'état gazeux ou liquide où elles possèdent une liberté plus ou moins complète ou tout au moins, comme dans l'oxydation des métaux, à l'état de liberté pour l'une d'elles. Dans le premier cas les molécules dissemblables mues par leur agent intérieur se rapprochent jusqu'au contact en se polarisant. A la suite de cette première phase, une partie de la chaleur de la molécule destinée à former le noyau quitte celle-ci, sans abandonner le lien qui l'y rattache, pour passer dans l'autre dont elle augmente le volume. Mais comme en même temps la première molécule a subi dans le sien une diminution en rapport avec la quantité de chaleur qui en est sortie, elle se trouve toute préparée à l'action de la chaleur qui l'entraînant, après elle, la fait passer à l'intérieur de la molécule enveloppe. Aussitôt en place, elle rend inutile une partie plus ou moins considérable du calorique des deux molécules ; même dans le cas assez rare où la molécule composée conserve un volume égal à celui des deux constituants. Cette chaleur s'échappe donc, comme si la liberté était la récompense du travail qu'elle vient d'accomplir. On voit que ce mécanisme est tout aussi simple, aussi naturel que ceux précédemment décrits. Mais cela n'est simple, naturel

et possible, il faut bien le dire et y insister énergiquement, qu'à la condition de reconnaître *dans la chaleur une force élémentaire intelligente qui exécute une loi :* ce qui avait été établi précédemment, et ce qui est accusé de nouveau avec la dernière évidence dans les derniers phénomènes qui viennent d'être décrits. On voit par là, qu'étant donnée une force, à éléments infinitésimaux, chargée d'une fonction déterminée, l'homme est capable de trouver une combinaison mécanique au moins acceptable par laquelle le résultat peut être atteint. Il n'y a pas, dans ce cas, plus d'audace, plus de difficultés et d'hypothèses que dans celui qui consisterait à affirmer, étant donné par exemple un mouvement rectiligne de va-et-vient à transformer en mouvement circulaire, que le but ne saurait être mieux rempli que par la combinaison d'une bielle et d'une manivelle. C'est de la mécanique pratique et rien autre ; et c'est le propre des problèmes simples de cette espèce de ne pas présenter plusieurs solutions. Je croirai donc, jusqu'à preuve du contraire, que dans la mécanique moléculaire envisagée comme je l'ai fait sous ses aspects les plus simples, voire même les plus vulgaires, surtout si l'on en juge par la comparaison qu'on peut en faire avec le système sidéral, j'ai indiqué les véritables solutions des petits problèmes qu'elle pose à l'intelligence humaine avec autant d'à-propos que la combinaison de la bielle et de la manivelle présente à l'égard de la transformation du mouvement rectiligne en mouvement circulaire.

15. — Les idées et notions exposées dans ce chapitre procèdent absolument d'un ordre de considérations auxquelles personne, à ma connaissance, n'avait encore pensé. Et pour ce motif, elles pouvaient se passer d'un précédent quelconque. Cependant, ce précédent existe à l'égard de l'idée que les molécules réputées simples, entre lesquelles s'effectuent les combinaisons, ne sont pas les dernières divisions possibles des corps ; puisque l'unité de substance matérielle est aujourd'hui généralement admise. Le baron Thénard et M. Dumas étaient déjà de cet avis en 1835. De plus, le premier, dans sa philosophie chimique, qu'on devrait bien rééditer aussi pour l'édification de la jeunesse studieuse, avait entrevu que les molécules dites simples pourraient bien ne pas être *impénétrables*, comme le croyait Dalton ; il y revient à plusieurs reprises. Après avoir rappelé que les phénomènes chimiques établissent pour chaque corps un terme à leur division auquel correspond la molécule *réputée simple et insécable*, il cite

Dalton comme étant le premier qui ait représenté les phénomènes de la combinaison et les lois qu'on y observe comme satisfaites par la supposition que la combinaison s'effectue par la simple juxtaposition des molécules indivisibles et *sans pénétration mutuelle*[1]. Il passe ensuite aux idées entretenues sur ce sujet par Wollaston, Swedenborg et Berzélius ; puis, exprimant sa propre opinion (p. 462, v. V, 6e édition), il ajoute : « Il faut l'avouer cependant, rien ne prouve que les phénomènes chimiques se passent entre des masses matérielles, homogènes et *impénétrables*. Il suffit pour satisfaire aux conditions connues de ces phénomènes qu'ils s'exercent sur des masses d'une grandeur insensible. Or, cette condition pourrait être remplie et ces *masses* de dimensions insensibles pourraient être néanmoins formées d'un nombre immense de particules[2], dont la forme et l'arrangement échapperaient tout à fait à nos moyens de recherches. Un jour peut-être les expériences des physiciens, les calculs des géomètres, nous feront-ils pénétrer ces mystères. » Plus loin, à la suite d'une discussion sur l'isomérie, il dit encore (p. 482) : « Mais rien ne prouve que les *corps réputés simples le soient véritablement*, » et il admet que leurs molécules qu'il appelle atomes sont composées de nouveaux atomes condensés ou disposés *d'une manière différente* et *donnant ainsi naissance à des corps différents*. M. Dumas a exprimé la même idée de l'unité de substance fondamentale des molécules en la concrétant d'une manière particulière, sans doute pour la rendre plus saisissante, en disant : « qu'il se pourrait que toutes les molécules des corps simples ne *fussent que de l'hydrogène à divers états de condensation* ; » mais pour que cette vue de la question ainsi présentée se vérifiât, il aurait fallu que tous les poids moléculaires fussent des multiples exacts du poids de ce corps pris pour unité. Elle n'a peut-être pas été sans influence sur une tendance manifestée à une certaine époque, consistant à arrondir la partie fractionnaire des poids moléculaires à 0,50, en même temps que l'on diminuait de moitié les volumes et les poids des grandes molécules comme *l'hydrogène, l'azote, le chlore* pour accorder également ces volumes avec l'hypothèse abandonnée bientôt, et reprise dans ces derniers temps par l'école de M. Wurtz, qui veut voir

1. On a vu que cette supposition est contraire à l'homogénéité des corps composés, qui est aussi nette que celle des corps simples, et à la faculté de leurs molécules de rouler les unes sur les autres.

2. Thénard dit à ce endroit « *molécules* » que j'écarte pour éviter la confusion dans l'esprit du lecteur et lui laisser intacte la distinction que j'ai établie entre l'*atome* et la *molécule*.

le même nombre de molécules dans des volumes égaux de deux gaz différents, comme conséquence des expériences volumétriques de Gay-Lussac indûment appelées loi des volumes. Quoi qu'il en soit, il est resté, de ces opinions émises par les maîtres de la science, l'idée de l'unité de la substance matérielle admise comme une chose courante naturelle, qu'on ne discute plus. Quant à la pénétrabilité des molécules dites simples, il n'en a plus été question. Rien n'en éloignait plus les esprits, d'ailleurs, que l'assimilation des corps aux espaces célestes, à laquelle on renoncera, je l'espère, quand les chimistes et les micrographes habitués à voir les choses de près, secoueront le joug des théories mathématiques prématurées.

CHAPITRE II

LOIS QUI RÉGISSENT LES ÉVOLUTIONS DES CHALEURS SPÉCIFIQUES DES CORPS

« La quantité de chaleur dégagée dans une réaction quelconque est représentée par une intégrale définie de la différence entre les chaleurs spécifiques élémentaires des composants plus une constante.
« On voit par là toute l'importance que présentent les chaleurs spécifiques en thermochimie, car elles mesurent le travail accompli par la chaleur sur les divers corps, tant simples que composés. »

« Berthelot, *Calorimétrie*, p. 426. »

16. — Il résulte de ce qui précède que les corps primaires sont de véritables réservoirs de chaleur ou de force d'où la science et l'industrie la tirent pour les diverses fins qu'elles se proposent par un procédé invariable : *la combinaison.*

L'aptitude différente que possèdent les corps sous le même poids, un kilogramme par exemple, d'emmagasiner de la chaleur s'appelle leur *capacité calorifique.*

La quantité de chaleur que perd ou gagne le kilogramme d'un corps quelconque par l'abaissement ou l'élévation de un degré de la température du milieu dans lequel il est plongé prend le nom de *chaleur spécifique élémentaire.*

La température est l'état variable d'emmagasinement de la chaleur des milieux gazeux solides ou liquides. Cet emmagasinement se présente à nos sens sous deux aspects qui ont été distingués sous les deux noms de *calorique sensible* et de *calorique latent.* Le premier s'accuse *directement* au sens tactile par un mouvement qui a été reconnu être *le mouvement vibratoire.* Le second impressionne *indirectement* le sens visuel par la dilatation ou le mouvement mécanique qu'il imprime aux corps. On a vu que dans les machines bien faites et bien entretenues, l'apparition du premier était purement accidentelle et négligeable par rapport au second. Il est présumable que celui qui apparaît dans le travail de la dilatation est dans le même cas, quoi qu'en aient pensé les divers physiciens qui ont étudié cette question et pris part

aux déterminations des chaleurs spécifiques. C'est qu'ils ont perdu de vue que, dans un cas, il s'agit d'un travail mécanique *extérieur à nous* qui peut varier dans des limites très grandes au point de vue de l'emploi du calorique qu'il nécessite, sans que l'œil nous permette d'en apprécier l'intensité ; tandis que, dans l'autre, l'action est directe et s'adresse à un appareil organique d'une sensibilité extraordinaire et qui peut être affecté par une force calorique que la calorimétrie pourrait très bien être incapable de déterminer. En tout cas, le calorimètre auquel on soumet un corps s'empare de la chaleur aux deux états dans toute l'étendue de l'abaissement de température subie par celui-ci. Il n'y a donc pas lieu de se préoccuper du fait qui vient d'être relevé autrement que pour en prendre une notion plus conforme à la réalité Il convient, d'ailleurs, de faire observer que la *température* au sens *scientifique* du mot ne nous est connue que par la *dilatation* éprouvée par la substance thermométrique; et qu'au sens *vulgaire*, tout ce qu'on en peut dire, c'est que l'action sur le sens tactile varie dans le même sens que cette indication.

L'instrument par excellence pour mesurer scientifiquement les températures *est le thermomètre à air;* parce que dans les limites déjà très étendues où on les produit, la *substance thermométrique* aérienne ne change pas d'état, et que l'on peut prévoir qu'il en sera de même au delà de ces limites ; la combinaison directe de l'oxygène et de l'azote dont elle est composée étant indiquée par l'expérience, comme ne pouvant s'effectuer par la chaleur à l'état vibratoire, mais par cette chaleur à l'état de décharge électrique.

En raison de la longueur de dilatation qui, dans ce thermomètre, correspond à un degré et permet d'en relever des fractions très petites, on est obligé de fractionner cet instrument en plusieurs parties. Mais celles-ci sont raccordées entre elles de manière à continuer de l'une à l'autre la division en degrés par *longueurs égales* et à fonctionner comme si elles formaient un seul appareil dans lequel, après avoir divisé la dilatation de la colonne d'air qui se produit entre la glace fondante et l'ébullition de l'eau en *cent parties égales*, ces divisions avaient été continuées indéfiniment tant au-dessous qu'au-dessus du zéro correspondant à la température de la glace fondante.

17. — Cette division absolument *conventionnelle* comme celle de toute autre mesure et parfaitement correcte d'ailleurs, n'implique en

aucune façon le fait que chaque degré de l'instrument correspondrait à l'incorporation par la substance thermométrique ou par les corps quelconques dont elle mesurerait la température, *d'une même quantité de chaleur*. Il est facile de se rendre compte que si l'on admettait cette hypothèse inventée par les mécaniciens pour les besoins de la thermodynamique, l'air jouirait, par privilège spécial, de la faculté de se contracter indéfiniment en conservant, quelles que fussent ses pertes successives de chaleur par le refroidissement, *une quantité de chaleur indéfinie ;* ce qui est doublement absurde d'abord, et ensuite contraire aux expériences de Petit et Dulong consignées dans le tableau n° 1 ci-après.

Expériences de Petit et Dulong sur les chaleurs spécifiques établissant le fait qu'elles varient avec les températures.

N° 1.

NOMS DES CORPS.	Capacités moyennes entre zéro à 100°	Capacités moyennes entre zéro à 300°	RÉSULTATS de Regnault entre 0° et 100°.
Eau	1.000000	»	1.000000
Mercure	0.03300	0.03500	0.03332
Platine	0.03350	0.03550	0.03243
Antimoine	0.05070	0.05470	0.05077
Argent	0.05570	0.06110	0.05701
Zinc	0.09720	0.10150	0.09555
Cuivre	0.09400	0.10130	0.09515
Fer	0.10980	0.12180	0.11379
Verre	0.17700	0.19000	»

Ces résultats, déjà très significatifs, ont été confirmés d'abord par les quatre déterminations faites sur le fer, entre 0 et 350° par les mêmes expérimentateurs; et depuis, par les chaleurs spécifiques moyennes du platine obtenus par Pouillet entre 0° et les températures de 100, 300, 500, 700, 1000 et 1200 degrés; et celles de M. Violle, professeur de physique à la faculté de Lyon, sur le même métal entre 0° et les températures de 100, 784, 1000 et 1177 degrés. (Tableau n° 3, § 21.)

Ils témoignent du sans-gêne avec lequel les théoriciens en usent avec l'expérience quand elle contredit des idées préconçues et les théories qu'ils en ont tirées. Ici d'ailleurs, l'exemple leur en a été donné par Petit et Dulong qui, ayant, selon toute apparence, entrepris leurs expériences avec la pensée qu'ils devaient y trouver un rapport

déterminé entre les chaleurs spécifiques du corps et leurs poids atomiques ; et croyant l'avoir trouvé dans le produit constant P × C qui devait permettre de confirmer des poids atomiques trouvés par l'analyse chimique et fixer ceux dont la détermination présenterait des difficultés particulières, n'ont pu résister au désir de proclamer comme générale une conclusion qui, dans les limites restreintes et approximatives où elle se vérifiait alors, et les limites variables trouvées depuis n'avait et ne pouvait avoir aucune signification précise et utile. Elle n'a eu d'ailleurs pour résultat bien acquis, qu'une véritable perturbation dans les esprits, un coup d'état sur les poids atomiques, une révolution fâcheuse dans la notation chimique, la création d'une phraséologie chimique nouvelle et d'une nomenclature qui obscurcit à plaisir et finira par rendre repoussante, malgré les efforts en sens contraire de M. Cahours, la plus belle des sciences expérimentales, la plus facile à rendre claire et attrayante. On ne sortira de là, que par une bonne et unique méthode générale d'interprétation des analyses chimiques, appuyée, contrôlée, par des lois naturelles positives reliant les poids moléculaires aux points de fusion ou d'ébullition, aux volumes moléculaires, aux chaleurs dégagées dans les combinaisons, etc. ; par une thermochimie dans laquelle on débutera, comme auraient dû le faire Petit et Dulong, par déterminer expérimentalement, au lieu de cette prétendue loi générale des chaleurs spécifiques, *les lois évolutives des chaleurs spécifiques et des dilatations particulières à chaque corps* dans le sens de l'exemple que j'en donnerai plus loin à propos des déterminations expérimentales de Pouillet sur le platine.

Les résultats, ainsi obtenus, viendront en aide à la véritable et complète interprétation des résultats calorimétriques sans le concours de la haute mécanique et de théorèmes qui ne seraient pas rigoureusement démontrés[1] en les éclairant de cette notion expérimentale qui résulte de la formation de l'alun signalée par M. Dumas et de beaucoup d'autres : *que toute combinaison chimique, à la température à laquelle elle a lieu, ne peut s'effectuer qu'avec une perte de chaleur ;* notion à laquelle on n'a sans doute trouvé d'exceptions en petit nombre, qu'à cause des difficultés naturelles à la thermochimie, et de l'absence complète des lois évolutives des chaleurs spécifiques des corps constituants

1. Comme il s'en rencontre, je crois, dans la *Thermochimie* de M. Berthelot, et auxquels des renvois aux *Annales de physique et de chimie* n'ajoutent aucun éclaircissement.

simples et composés *qui peuvent seules faire connaître la capacité calorifique totale absolue de chacun* à toutes les températures, à celle de la combinaison en particulier, et par suite la perte éprouvée par différence[1]. D'autres causes d'erreur peuvent provenir de ce que certains corps, comme les acides chlorique et azotique, s'obtiennent soit indirectement en remontant d'un composé aux éléments, c'est-à-dire en décomposant les sels où ils se trouvent engagés et d'où ils ne peuvent sortir qu'en *absorbant* la quantité de chaleur qui leur est nécessaire à leur état de liberté, soit par l'étincelle électrique dont l'intervention n'a pas toujours pour résultat, comme dans la décomposition de l'eau, une *incorporation de chaleur* par les éléments qui se dégagent. Tout ceci veut dire en définitive que la thermochimie n'a pas encore tous les éléments qu'il lui faudrait pour se constituer sous le titre de *mécanique chimique*. D'autant moins que, dans le champ expérimental et théorique où elle s'exerce, elle procède de notions en grande partie inexactes sur la constitution moléculaire des corps, ainsi qu'on peut le voir aux paragraphes 3 et 4 de l'ouvrage de M. Berthelot, et par suite d'une mécanique des mouvements moléculaires qui laisse fort à désirer. Ce qui fait regretter que le célèbre chimiste n'ait pas différé son entreprise, telle qu'il l'a conçue, jusqu'à l'époque où auront été faites les expériences et les recherches sérieuses longues et difficiles sur les chaleurs spécifiques et les dilatations que nul, mieux que lui, n'est préparé à entreprendre avec succès ; et où enfin nos savants seront guéris radicalement de la prétendue loi des volumes de Gay-Lussac, de la loi des chaleurs spécifiques de Petit et Dulong ; et où l'on n'invoquera plus l'idée qu'on se fait des gaz parfaits, aussi fausse que celle que l'on s'est faite de *l'élasticité parfaite*[2] et qui conduisent, l'une et l'autre, à des résultats absurdes au regard de la raison et de la pratique.

18. — Pour achever de bien fixer les esprits sur la question, telle que je l'envisage, j'examinerai plus loin, paragraphe 19, à quels résultats on arrive en interprétant les chaleurs spécifiques de Petit et Dulong dont le tableau a été donné au commencement du paragraphe

1. La perte éprouvée à cette température pouvant changer de signe et de valeur à une température plus basse, en raison de la différence des lois des chaleurs spécifiques du composé et des constituants.

2. Je ferai voir, dans une prochaine communication à la Société, que les lois d'allongement et de flexion ne sont pas représentées par des équations de ligne droites, mais par des paraboles parfaites. Cela résulte d'expériences nombreuses sur la plus grande échelle.

précédent. Les expériences étant au nombre de deux seulement pour chaque corps, je serai forcé d'admettre *provisoirement* ce que M. Violle a admis pour ses propres expériences qui lui permettaient de faire mieux, à savoir, que les évolutions des chaleurs spécifiques, des corps dont il s'agit, sont représentées par l'équation d'une ligne droite. Les résultats que je mettrai sous les yeux du lecteur ne constitueront qu'une approximation de la solution vraie, puisque je montrerai plus loin que l'on ne saurait dire d'avance si cette loi est représentée par une droite ou par une courbe[1]. Mais cela suffira pour faire comprendre toute l'importance de la question et le sens dans lequel doivent se résoudre les questions accessoires qui s'y rattachent. J'aurai auparavant à entrer dans quelques détails préliminaires sur la valeur relative des chaleurs spécifiques aux diverses températures, eu égard à la méthode employée pour les obtenir.

Petit et Dulong ont trouvé que les *chaleurs spécifiques moyennes* du platine entre 0° et 100° et entre 0° et 300° étaient respectivement $0^{cal.}{,}0335$ et 0,0355. Pour que l'expression soulignée fût tout à fait exacte, il aurait fallu que, dans chaque cas, les expérimentateurs eussent recueilli dans le calorimètre toutes les calories comprises effectivement entre les limites indiquées ci-dessus. Cette condition supposée remplie, on connaîtrait exactement la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0° à 100 et de 0° à 300 la température du corps en expérience. Ces quantités divisées respectivement par 100 et 300 donneraient *les chaleurs spécifiques moyennes exactes* qui seraient en même temps les chaleurs spécifiques *vraies* du métal à 50° et 150°, si la loi des chaleurs spécifiques était représentée par une ligne droite. En réalité, comme je l'ai fait remarquer déjà, on n'en sait rien. C'est au contraire la première et principale question à résoudre. Et celle-ci ne peut l'être qu'en partant, non d'une capacité vraie qu'on ne connaît pas ; non plus que de la moyenne donnée par les expérimentations qui est toujours inexacte, comme on le verra bientôt ; mais de la quantité totale de chaleur recueillie entre des limites déterminées qui devraient, pour une interprétation facile et rigoureuse, être toujours comprises, comme elles le seraient par la méthode du puits de glace purgée de ses imperfections, entre 0° et les températures successive-

1. C'est la même question qui se présente pour toutes les lois, pour celle-là comme pour celles relatives aux dilatations, aux allongements, aux flexions, etc., etc.

ment atteintes par le corps expérimenté. J'appellerai *aire calorifiqu* les quantités de chaleurs recueillies de la sorte, ou par une méthode suffisamment approchée ; *et chaleur spécifique élémentaire* ou simplement *chaleur spécifique* les quantités variables successives dont l'aire cidessus est composée pour chaque intervalle de 1°.

Mais, dans les expériences faites par la méthode des mélanges, les résultats ne présentent pas le degré de rigueur que supposent les observations précédentes. Si les températures extrêmes ont été quelquefois atteintes comme dans les expériences de Pouillet et celles de M. Violle, ce qui n'est pas le cas des expériences de Kopp, et pas toujours exactement celles de Regnault, la température du mélange s'élève généralement à 15 ou 20 degrés. On n'a donc jamais une moyenne vraie d'où l'on puisse tirer la valeur exacte de *l'aire calorifique* entre 0° et 100°, entre 0° et 300° et ainsi de suite. Mais on comprend que l'erreur commise dans la recherche de la loi, sera d'autant plus faible que l'on aura écarté davantage les déterminations faites aux températures les moins élevées. On peut juger par là, et par le fait d'une seule détermination entre 0 et 100°, de la faible valeur scientifique et pratique des expériences faites à grands frais par Regnault, et de la nécessité de les reprendre toutes en multipliant le nombre de déterminations pour chaque corps, ainsi que l'ont fait Pouillet et M. Violle, le premier plus particulièrement.

19.—Cela posé, je chercherai à déterminer la signification approximative et générale des deux chaleurs spécifiques obtenues par Petit et Dulong pour chacun des corps du tableau n° 1.

Pour cela j'ai tracé dans la fig. 4 pl. 48, deux axes rectangulaires *ot* et *oc* sur lesquels j'ai posé en abscisses les chaleurs spécifiques 0.0355 et 0.0335, et en ordonnées les températures correspondantes 50° et 150° conformément aux observations du paragraphe précédent. Dans cette situation ces éléments répondront à l'équation d'une ligne droite de la forme, $y = a\,(x - b)$; ou dans l'espèce, $t = a\,(C_t - C_0)$; C_t et C_0 indiquant les chaleurs spécifiques à t° et à 0°.

On aura alors pour les deux expériences, les deux équations :

$$\begin{cases} 150 = a \times 0{,}0355 - aC_0 \\ 50 = a \times 0{,}0335 - aC_0 \end{cases}$$

retranchant ces deux équations membre à membre il vient . . . . $100 = a \times 0{,}002$

d'où $a = 5000$

En portant cette valeur dans la deuxième équation on en tire

$$C_o = \frac{50000 \times 0,0335 - 50}{50000} = 0,0325.$$

Par conséquent, la loi approximative des évolutions calorifiques du platine serait exprimée par la formule

$$t = 50000\,(C_t - 0,0325).$$

Pour savoir à quelle température au-dessous du zéro conventionnel les évolutions calorifiques du platine prendraient fin, il suffit de faire $C_t = 0$ et l'on obtient alors en désignant cette température spéciale par θ :

$$\theta = 50000 \times -0,0325 = -1625^\circ$$

Ce serait le zéro absolu général si tous les corps donnaient le même résultat. En tous cas l'aire calorifique absolue du platine entre ce zéro et le zéro conventionnel serait :

$$\sigma = \frac{1625 \times 0,0325}{2} = 26^{cal}40 \text{ par kilog de platine.}$$

et pour les $98^{kil}68$ qui répondent au poids moléculaire de ce métal on aurait : $\Sigma = 2605$ *calories*.

En opérant de même à l'égard des autres métaux on obtient les résultats consignés dans le tableau ci-après :

N° 2.

NOMS des MÉTAUX.	Poids moléculaire P	Température à partir du zéro absolu ω θ	Chaleur spécifique à 0° C_o	Calories emmagasinées dans les corps entre ω et 0 — par un kil. du métal ou σ	par P kil. ou Σ	Volumes moléculaires rapportés à celui de l'hydrogène pris pour unité.
1	2	3	4	5	6	7
Platine...	98.68	1625°	0,0325	26.40	2605.15	0.000 411
Mercure..	101.26	1600	0,0320	25.60	2592.25	0.000 665
Cuivre. ..	31.05	1240	0,09035	56.00	1772.40	0.000 322
Antimoine	43.00	1217	0,04870	29.63	1274.09	0.000 573
Zinc.	32.26	1040	0,08830	45.91	1481.05	0.000 421
Argent...	108.10	981	0,05300	26.00	2810.60	0.000 924
Fer......	27.13	866	0,00380	44.95	1219.22	0.000 311

La première observation à faire à propos du tableau précédent, c'est que s'il existe des corps qui soient particulièrement propres à faire connaître le *zéro absolu*, ce sont ceux qui ne peuvent plus éprouver de changement d'état par des abaissements successifs de la température aussi loin qu'on les suppose poussés. Le seul changement que l'on puisse prévoir dans les corps, d'après le rôle de la chaleur défini précédemment, étant leur réduction à l'état de *poussière impalpable* dès que la chaleur en serait complètement sortie ; ce qui d'ailleurs ne ferait que mieux marquer la fin des épreuves si elle pouvait être atteinte par ce moyen. Mais il est probable, sinon certain, que la combinaison seule peut fournir des exemples de condensations qui approchent les corps de cet état final dont l'alumine ne paraît pas fort éloigné.

La recherche du zéro absolu, par ce moyen, est d'autant mieux indiquée qu'elle ne comporte aucun recours à une *hypothèse quelconque ;* et que, par conséquent, le résultat auquel elle peut conduire doit être empreint du caractère le *plus positif* qu'il soit possible de trouver. Cela est d'autant plus à désirer que ce n'est le cas, ni du zéro absolu fourni par la dilatation des gaz *supposés parfaits*, ni celui également hypothétique de la chaleur spécifique qu'on leur prête et qui conduit au singulier résultat que l'on a déjà vu. D'ailleurs rien ne prouve que nous puissions *à priori* fixer en physique le caractère que doit posséder un *gaz parfait ;* et en mécanique en quoi consiste *l'élasticité parfaite ;* l'une et l'autre perfections pouvant se réaliser dans des conditions tout autres que celles imaginées par nous et régies par des lois naturelles qu'il nous est loisible de chercher et nullement d'inventer. Existe-t-il, par exemple, comme le suppose la théorie, des corps dont l'élasticité soit régie dans les limites les plus étendues, soit *depuis les plus petites charges jusqu'à la rupture*, par l'équation ($y = a\,x$) d'une droite passant par l'origine des coordonnées ? A ma connaissance ces corps, s'ils existent, sont encore à trouver ; tandis que je puis affirmer d'après des expériences faites sur la plus grande échelle qui ait été tentée et que j'ai traduites en formules très simples sans le secours d'aucune hypothèse, qu'il en existe dont les allongements et même les flexions sont soumis à des lois exprimées par des *paraboles parfaites*, qui sortent de l'origine des coordonnées (qui s'y serait attendu ?) par une de leurs branches, en tournant leur convexité du côté de *l'axe des charges*, et de manière que l'origine de la courbe

corresponde en même temps à *la charge de rupture* et au *maximum d'allongement ou de flexion*. Or j'estime que ces corps, qui ne sont autres que des barreaux de fonte et de fer d'une très grande dimension, fournissent des types particuliers d'une *élasticité parfaite*, comme l'auraient été ceux fournis par des corps dont la loi d'élasticité eût été exprimée, dans les mêmes limites, par l'une quelconque des sections coniques. Et il ne faudrait pas croire que cela soit indifférent en pratique ; que la loi, exprimée par une ligne droite, soit capable de donner une approximation suffisante, de conduire à l'emploi le plus rationnel et le plus économique du métal ; car je prouverai que les dimensions données, par les théoriciens, aux solides en fonte sont beaucoup trop fortes et qu'elles sont trop faibles au contraire dans les solides en fer. Il résulte de là, qu'en pratique comme en science, il faut pour obtenir les vraies lois et la véritable notion des choses, pousser les expériences aussi loin que possible; sous peine, comme le disait Péclet en 1838 au début de son cours de physique industrielle à l'École centrale, de faire de la pratique avec des lois insuffisantes et dangereuses pour la responsabilité de l'ingénieur, comme l'étaient d'après lui la plupart des lois de la physique générale.

20. — Après ces explications préliminaires, j'espère avoir préparé suffisamment les esprits pour suivre avec moi, sans le parti pris résultant de vieilles habitudes ou du fétichisme scientifique, l'examen du tableau n° 2.

Le détail qui sollicite plus particulièrement l'attention est celui qui a trait au *zéro absolu* qu'en physique et en thermodynamique on croit avoir définitivement fixé à — 273°[1]. Or, à cet égard, tous les nombres du tableau, quoique différents les uns des autres, protestent, par leur élévation relative considérable, contre cette détermination; et avec d'autant plus d'autorité, que le procédé d'où ils dérivent, tout approximatif qu'il est, par l'insuffisance des données, est purement expérimental et géométrique ; et que ce même procédé, appliqué aux éléments considérés

1. Voici comment on est arrivé à cette détermination : 1 étant le volume de l'air à t_0 et F_0, sa force élastique ; à $t°$ le volume devient $(1 + a\,t)$; et la force correspondante $F_t = F_0(1 + at) = F_0 + F_0\,t\,\frac{1}{273}$, puisque $a = \frac{1}{273}$. Mais quand on atteint le zéro absolu F_t devient nulle ; on a donc : $F_0\,t = -F_0 273$; d'où, $t = -273$. Par la réduction à l'absurde qui suit, on doit conclure que, pour arriver à ce résultat, l'on est parti de faits mal observés, ou de températures trop peu éloignées pour constater l'exacte variation des volumes.

comme suffisants d'où l'on a tiré le nombre classique, c'est-à-dire aux divisions égales du thermomètre à air, et à la chaleur spécifique supposée constante qui y correspondrait, conduit à une contradiction manifeste. En effet, chaque valeur de θ du tableau a été donnée par la rencontre de la ligne *ab* de la fig. 4, correspondant aux valeurs variables de C et de *t*, avec l'axe des températures ; mais dès l'instant où C reste constant, la ligne en question devient parallèle à cet axe et la rencontre qui doit donner la valeur du zéro absolu est située à l'infini. Ce qui constitue une valeur de θ très sensiblement différente de — 273°, et pour tout dire, une absurdité pareille à celle relevée dans le paragraphe précédent. C'est tout simplement le résultat d'un défaut naturel à l'homme qui le porte à vouloir substituer, aux lois naturelles préexistantes et qu'il devrait humblement et patiemment chercher, ses propres idées préconçues sur les choses et l'espèce de lois auxquelles elles doivent être soumises ; idées contre lesquelles je me suis élevé et non sans raison, comme on voit, à la suite de la définition de la loi.

Quant aux valeurs variables de θ, on peut croire, au premier abord, que dérivant soit d'expériences insuffisantes, soit de la supposition que les évolutions des chaleurs spécifiques sont représentées par des lignes droites, l'indication de ces variations n'est rien moins que certaine. C'était ma première impression. Mais j'ai dû l'abandonner, en me rappelant qu'il résultait de mes calculs sur le platine et le fer, d'après un nombre suffisant de déterminations et dont l'exactitude seule pourrait être contestée, que la loi des chaleurs spécifiques vraies du platine était exprimée *par une parabole du deuxième degré;* tandis que celle relative au fer l'était par une *ligne droite*, et qu'il en résultait pour les deux valeurs de θ correspondantes un écart très peu différent de celui du tableau n° 2. Il me semble donc qu'il ne peut y avoir de doutes, d'après cela, sur le double fait que les lois des chaleurs spécifiques des corps seront différentes les unes des autres et différentes aussi les valeurs de θ. D'où la substitution d'un *zéro absolu spécifique* au *zéro absolu général* que l'on croit exister. Ceci, après tout, n'est pas fait pour surprendre, si l'on réfléchit que les corps étant des réservoirs de chaleur, il y aurait plutôt lieu de s'étonner qu'ils ne fussent pas d'une capacité différente, comme l'indique, d'ailleurs, nettement la colonne 6 du tableau renfermant les produits $P \times \sigma$. C'est à tous les points de vue et surtout à celui des combinaisons la *seule espèce* de résultat calorifique utile à connaître ; une chaleur spécifique élémen-

taire isolée, *même exacte*, n'ayant à cet égard aucune valeur scientifique ou pratique.

A défaut d'une relation générale, comme celle que Petit et Dulong ont élevé la prétention d'établir, au mépris des indications expérimentales les plus claires, et dont le tableau n° 2 ne paraît pas davantage devoir fournir les éléments par la substitution du produit $P \times \sigma$ au produit $P \times C$, j'ai pensé qu'on trouverait peut-être des lois particulières s'appliquant simplement à des catégories ou familles de corps primaires comme celles qui, dans certaines séries d'alliages, relient ensemble les poids et les volumes moléculaires. Quoiqu'il pût sembler prématuré de s'en occuper à l'occasion d'expériences qui devront être reprises et des lois évolutives qui ne sont qu'approximatives, il m'a paru, ne fût-ce que pour donner un corps à l'idée qui vient d'être exprimée, que l'on pourrait chercher, avec les éléments tels quels du tableau comment se rangeraient, dans une épure, les quantités totales de chaleur des corps entre $\omega°$ et 0° autrement dit leurs valeurs de Σ (tableau n° 2), par rapport aux volumes *moléculaires ;* et l'on peut voir par la fig. 6, que les métaux suivants :

	Argent.	Zinc.	Fer.
dont on prend pour abscisses les volumes moléculaires.	0,00924	0,000421	0,00311
et pour ordonnées, les valeurs de Σ.	2310,60	1481,05	1219,22

sont réunis par une ligne droite dont l'équation aurait la forme

$$\Sigma = a\,V + b.$$

En se rapportant à la manière, dont se groupent les lignes qui expriment les rapports entre les poids et les volumes moléculaires des diverses familles d'alliages précitées dont j'entretiendrai la Société dans une autre occasion, il m'a paru que le *cuivre* et le *mercure* seraient reliés par une relation semblable à celle des trois métaux précédents ; que le *platine* et *l'antimoine* se trouvaient à des distances des deux premières lignes, comme des corps appartenant à deux autres familles dont les lignes seraient dans une situation divergente analogue aux deux premières.

Dans le cas où des expériences ultérieures viendraient confirmer le caractère de ces indications, on aurait trouvé pour les chaleurs spécifiques, un contrôle analogue à celui que les lois relatives aux alliages dont il a été question plus haut fournissent à l'égard des poids molé-

culaires ; et la thermochimie se trouverait ainsi mise en possession d'éléments sérieux pour fixer les évolutions de la chaleur dans les combinaisons.

En résumé, bien que le tableau n° 2 n'ait pas fourni les valeurs définitives des capacités calorifiques totales des corps qui y sont compris, il a servi sinon à établir, du moins à faire pressentir l'existence d'un *zéro absolu spécifique*, et non général, en achevant de prouver l'inexactitude du zéro absolu général classique. Il a montré que la seule valeur intéressante pour les chimistes est *la quantité totale de chaleur contenue dans le corps à la température où s'effectuent les combinaisons ;* et fait ressortir, avec la dernière évidence, la nullité absolue, à tous les points de vue, d'une chaleur spécifique moyenne isolée prise arbitrairement dans une série des valeurs variables dont elle fait partie ; le néant de la prétendue loi de chaleurs spécifiques de Petit et Dulong, et l'erreur commise par l'école moderne de chimie en l'adoptant et cherchant à la généraliser par un remaniement arbitraire des poids atomiques. Enfin, il a permis d'entrevoir la divison des corps primaires par catégories au point de vue de leurs capacités calorifiques totales, d'où résulteraient des lois particulières d'une certaine utilité pour la thermochimie. Ce qui prouve que l'on gagne plus à suivre les indications les plus claires de l'expérience qu'à leur fausser compagnie, pour des hypothèses, comme l'ont fait Petit et Dulong.

21. — Je m'occuperai maintenant de chercher quelles indications nouvelles et plus précises on peut retirer d'expériences plus complètes que les précédentes. J'en donnerai d'abord le tableau en y ajoutant les aires calorifiques entre le zéro conventionnel et les températures maxima atteintes dans les expériences. J'analyserai d'abord celles de M. Violle, les seules pour lesquelles on trouve des détails d'observation et la méthode d'interprétation qui y a été appliquée. Puis j'exposerai la méthode géométrique qui permet de trouver les véritables lois des chaleurs spécifiques et l'appliquerai aux expériences qui figurent au tableau ci-après.

EXPÉRIENCES DE : N° 3.

Pouillet sur le **Platine**			Violle sur le **Platine**				Petit et Dulong sur le **Fer**		
Températures extrêmes t	Chaleurs spécifiques moyennes entre 0° et t	Aires calorifiques partielles (s)	Températures extrêmes t	Chaleurs spécifiques moyennes entre 0° et t	Aires calorifiques partielles (s)	Chaleurs spécifiques moyennes (rectifiées.)?	Températures extrêmes t	Chaleurs spécifiques moyennes entre 0° et t	Aires calorifiques partielles (s)
		cal							cal
100°	0.03350	3.35	100	0,0323	3.23	0.0323	100	0,1098	10.98
							200	0,1150	23.00
300	0,03434	10.302	»	»	»	»	300	0,1218	36.54
							350	0,1255	43.925
500	0,03518	17.590	»	»	»	»	»	»	»
700	0,03602	25,214	»	»	»	»	»	»	»
			784	0,0365	28.616	0,0365			
1000	0.03728	37,280	1000	0,0377	37.700	0,0377	»	»	»
			1168	»	»	0.0388			
1200	0.03818	45,816	1177	0,0388	45.6676	»	»	»	»
			1194	»	»	0,0389			

Pouillet entre dans des explications détaillées sur la méthode qu'il a suivie dans ses expériences. C'est à peu de chose près celle employée par Regnault, sauf les minuties mécaniques ingénieuses, imaginées par celui-ci et sur lesquelles il paraît que l'on est bien revenu depuis, si l'on en juge par les expériences les plus récentes faites par M. Berthelot et M. Violle. Pouillet, suivant en cela les habitudes du professeur scientifique, n'a pas donné de procès-verbal de ses expériences. Ce qui est fâcheux et d'autant plus, qu'elles sont, ainsi qu'on le verra plus loin, remarquables par leur concordance ; et qu'elles semblent, par là, indiquer que les résultats dérivent de moyens et procédés rationnels et exacts, tant au point de vue de la mesure des températures que des quantités de chaleur recueillies par le calorimètre.

M. Violle semble avoir apporté un soin tout particulier dans l'établissement des hautes températures. Mais il a négligé les températures moyennes de 300 à 500° plus faciles à mesurer et qui semblent devoir fournir des déterminations assez exactes. Il a d'ailleurs employé trois méthodes différentes pour mesurer les chaleurs spécifiques. De plus les mêmes morceaux de platine ont servi à plusieurs expériences, sans que l'on paraisse avoir pris garde à l'influence du recuit qui modifie l'état physique des métaux et leur capacité calorifique. Il y a donc ici un certain nombre de causes d'erreur et de discordance ; et il serait étonnant que le hasard eût servi M. Violle, à ce point, que ces causes se fussent annulées réciproquement. Aussi, ne m'arrêterai-je à ses expériences auxquelles il aurait du joindre deux ou trois déterminations supplémentaires entre 200 et 800° comme moyen de contrôle de la première et des suivantes, que pour faire ressortir le défaut de sa méthode d'interprétation et montrer que, malgré tout, elles donnent sur la variation des chaleurs spécifiques avec la température, et sur le zéro absolu dont il n'a rien dit, bien que sa formule y conduisît, des indications générales de même sens que celles de Pouillet et de Petit et Dulong.

On comprend facilement, cependant, qu'on se laisse entraîner à croire que les évolutions des chaleurs spécifiques du platine, en particulier, soient représentées par l'équation d'une ligne droite, bien que, en réalité, elles le soient par une courbe du second degré, ainsi que le montre l'épure de la planche 49. Cela tient à ce que le métal en question donne une parabole extrêmement allongée et que les expériences se rapportent à la partie de cette courbe qui se rapproche le plus de la ligne

droite. On reconnaît d'ailleurs par la forme de l'équation de M. Violle, qu'il a rapporté les évolutions dont il s'agit à deux axes rectangulaires sur lesquels les chaleurs spécifiques ont été portées en ordonnées, et les températures en abscisses ; et qu'il a pris les chaleurs spécifiques

moyennes entre. . . .	0 et 100	0 et 784	0 et 1000	0 et 1177
c'est-à-dire.	0.0323	0.0365	0.0.377	0.0388
comme étant les chaleurs spécifiques vraies à.	50°	392°	500°	585.50

et dès lors posant les deux équations :

$$\left.\begin{array}{l} 0.0365 = C_0 + a \times 392 \\ 0.0323 = C_0 + a \times \ \ 50 \end{array}\right\} \text{et les retranchant membre à membre,}$$

il a obtenu: $0.0042 = \quad a \times 342$ d'où $a = 0.00001228$

par deux opérations semblables sur les secondes données combinées avec les troisièmes et de celles-ci combinées avec les dernières, il a obtenu deux nouvelles valeurs de a :. . .

$$\left\{\begin{array}{l} a' = 0.00001111 \\ a'' = 0.00001243 \end{array}\right.$$

$$0.00003582$$

dont la moyenne est très sensiblement 0.000012. La valeur de C_0 étant 0.0317.

De là, la formule : $$C_t = 0.0317 + 0.0000\,12\,t.$$

mais les trois valeurs de a donnant une ligne brisée en trois tronçons c'était un avertissement que les données expérimentales avaient besoin d'être expurgées ou contenaient des erreurs d'expériences. Vérification faite [1], j'ai reconnu que M. Violle avait délaissé les résultats franchement contradictoires, comme par exemple une expérience ayant donné 0.0375 entre 0 et 991° une autre ayant fourni 0,0379, etc. Somme toute, ses valeurs ne diffèrent plus de celles résultant de cette vérification qu'en ce que j'ai conservé la moyenne 0,0388 à 1168° au lieu de la fondre avec celle de 0,0389 à 1194 ; ce qui n'améliore pas la situation et me fait croire que les précautions prises par l'expérimentateur pour obtenir des résultats plus exacts que ses devanciers n'ont pas répondu à son attente. Je conserverai donc les résultats tels que M. Violle les

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXV, p. 543.

a présentés ; et je montrerai à quelles conséquences ils conduisent comparativement à ceux de Petit et Dulong consignés dans le tableau n° 2 aussi bien qu'à l'égard des mêmes expériences et de celles de Pouillet interprétées sans la moindre hypothèse sur la forme évolutive des chaleurs spécifiques du platine.

La loi des chaleurs spécifiques vraies étant d'après M. Violle.

$$C_t = 0.317 + 0.000012\, t.$$

Il s'ensuit que si l'on cherche ce que devient t quand $C_t = 0$, on trouve :

$$t = -\frac{0{,}0317}{0{,}000012} = -2641^{\circ}$$

c'est la valeur qui correspond à celle de θ du tableau n° 2.

Quant aux valeurs de σ et de Σ qui figurent dans le même tableau elles deviennent :

$$\sigma = \frac{1}{2} \times 2641 \times 0{,}0317 = 41^{\text{cal}}\, 85$$

et

$$\Sigma = 41^{\text{cal}}\, 85 \times 98.67 = 4129^{\text{cal}}\, 24.$$

J'ai réuni dans le tableau n° 4 ci-dessous, avec ces dernières valeurs, celles correspondant aux expériences de Petit et Dulong du tableau précédent, obtenues également dans l'hypothèse que la loi évolutive des chaleurs spécifiques serait représentée par une ligne droite ; et j'en ai rapproché, par anticipation, les résultats fournis par une méthode d'interprétation qui va être exposée en détail et qui, écartant toute hypothèse, donne la véritable loi des susdites évolutions.

N° 4.

EXPÉRIMENTATION	LOI EXPÉRIMENTALE supposée (1) et trouvée (2)	θ	σ	Σ
			cal	cal
Petit et Dulong. . .	(1) ligne droite	— 1625°	26.40	2605.15
Violle	(1) d°	— 2641	41.85	4129.24
d°	(2) Parabole	— 1304	27.9177	2754.64
Pouillet	(2) d°	— 1711	37.4940	3699.53

22. — En résumé on voit, par le tableau qui précède, combien les trois espèces de résultats sur lesquels il importe au plus haut degré

d'être fixé définitivement, diffèrent suivant les expérimentateurs ; et pour le même, suivant la méthode d'interprétation employée. Rien de plus simple, comme on le verra tout à l'heure, de remédier aux dissidences provenant de cette dernière cause. Quant aux autres, il faudra, pour les écarter, se mettre d'accord sur l'établissement exact des températures observées, si on ne l'est déjà. Cela fait, il restera des causes accidentelles auxquelles on ne paraît pas avoir donné une attention suffisante, et dans lesquelles il se pourrait que l'on reconnût une des causes principales, ou peut-être l'unique cause des différences très notables observées.

L'expérience, en effet a montré que le degré de pureté et l'état d'agrégation du métal influent sur les résultats. C'est que cet état d'agrégation dépend lui-même du procédé par lequel l'éprouvette métallique a été obtenue. Suivant les exigences de la forme qu'on a voulu lui donner [1], elle peut avoir été fondue, martelée, laminée et, en outre, portée accidentellement à des températures plus ou moins élevées. A cet égard Pouillet fait observer que le même expérimentateur Regnault a trouvé que la chaleur spécifique du cuivre *recuit et malléable* est 0,0945 ; tandis qu'elle n'est plus que de 0,0933 à 0,0936 *quand il est écroui* [2]. Que devient-elle quand le métal est fondu, martelé, étampé, ou simplement laminé ? autant de variations qui expliquent cette autre valeur du même expérimentateur 0,09515 mise en regard de celle de Petit et Dulong, 0,0940, et les autres dissidences très marquées que l'on remarque dans le tableau n° 1 § 17 pour les autres métaux.

On ne saurait, si l'on remonte ainsi à la cause des dissidences remarquées entre les divers expérimentateurs, préférer les résultats de l'un à ceux de l'autre ; d'autant moins que presque tous doivent être récusés, par le motif qu'ils ont été obtenus exclusivement entre 0 et 100° et qu'ils perdent, par ce seul fait, toute valeur pratique ou scientifique. La seule utilité qu'ils aient, c'est d'avoir appelé l'attention sur les dissidences signalées, sur les causes dont elles dérivent et capables d'invalider les nouvelles expériences qui devront être entreprises ; et enfin, sur la nécessité de trouver le moyen de les éviter et d'obtenir des résul-

1. Cette particularité est à noter, Petit et Dulong ayant donné à leurs éprouvettes la forme annulaire pour hâter le refroidissement, Regnault celle de rosette et Pouillet la forme sphérique.

2. Pouillet relève encore dans les résultats de Regnault les suivants : capacité du soufre en cristaux naturels 0,1776 — fondu depuis deux mois 0,1813 — fondu récemment 0,1844 — capacité du carbone cristallisé (diamant) 0,1469 — graphite naturel 0,2190 — charbon de bois 0,2415.

tats toujours *comparables entre eux*, tant en ce qui concerne ceux relatifs aux éprouvettes d'un même corps ayant servi aux déterminations différentes, nécessaires à l'établissement de la loi particulière qui régit ses évolutions calorifiques, que ceux concernant les différents corps destinés à faire connaître leur valeur relative au point de vue de leur capacité pour la chaleur.

23. Bien que j'aie saisi toutes les occasions de mettre mes collègues de la Société en garde contre le penchant naturel qui nous porte à fixer la forme d'une loi quelconque pour satisfaire à des idées préconçues, j'y reviendrai une dernière fois pour l'édification de mes jeunes camarades, en signalant une déconvenue que j'ai éprouvée, non pour m'être laissé entraîner à ce même penchant; mais simplement pour m'être cru autorisé à généraliser une *forme vraie* de la loi que j'avais trouvée s'appliquer aux 6e, 7e et 8e familles d'hydrocarbures et qui me parut dès lors devoir l'être aussi à partir de la cinquième jusqu'à la première. Il s'agissait des lois qui régissent, dans cette importante catégorie de composés organiques, les rapports entre les poids moléculaires et les points d'ébullition ou de vaporisation des différents termes de chaque famille. Quand j'en vins à poursuivre mes calculs dans cet ordre d'idées, je trouvai des résultats encore assez satisfaisants pour la cinquième famille; moins dans la suivante et de moins en moins jusqu'à la première. Néanmoins, je ne crus pas d'abord que j'eusse à revenir là-dessus, en me payant de cette raison que les termes plus ou moins dissidents pouvaient bien être des isomères que les chimistes auraient laissé se glisser parmi les termes normaux. Cette vue, du reste, n'était pas dénuée de motifs; car je trouvai plus tard que dans le nombre des suspects, il y avait en réalité quelques isomères. Cependant, le grand nombre de ceux que j'avais cru pouvoir considérer comme tels, finit par me donner à réfléchir; et si bien, que je recommençai mes calculs sur de nouveaux frais. Je reconnus alors que les véritables lois étaient exprimées par des hyperboles parfaites jusqu'à la sixième famille inclusivement; que néanmoins pour cette dernière l'asymptote donnait des résultats au moins aussi satisfaisants que l'hyperbole, aucun des termes de la famille n'ayant d'ordonnées dans la partie la plus convexe de la courbe. En même temps, je reconnus qu'à partir de là, il y avait pas de doutes que les autres lois fussent en effet représentées par des lignes droites. La fig. 9 (Pl. 48) donne, à une échelle

très réduite, une idée exacte de cette succession typique des lois dont il s'agit.

Bien que mes premiers calculs m'eussent coûté plus de six mois de travail à raison de cinq à six heures par jour, et les seconds le double environ, je ne fus pas trop mécontent de cette mésaventure ; parce qu'elle me fit voir qu'il ne suffisait pas, pour échapper à l'erreur, de répudier énergiquement, dans la recherche des lois naturelles, les idées préconçues et les hypothèses ; mais qu'il fallait encore se garder, avec le plus grand soin, contre une hâte à généraliser, en étendant une forme de loi *reconnue vraie*, pour un certain nombre de séries de faits, à d'autres séries de même espèce. C'est à cet avertissement que je dois, de ne pas m'être laissé entraîner à croire que toutes les lois des évolutions des chaleurs spécifiques des corps devaient être exprimées exclusivement, soit par des droites, soit par des courbes ; et, au contraire, de m'être assuré qu'elles l'étaient par les unes et par les autres ; et qu'elles devaient, dans tous les cas, prendre leur origine sur l'axe des températures en des points différents qui étaient autant *de zéros absolus spécifiques;* quoique, à vrai dire, j'eusse un penchant, sur ce dernier article à partager le préjugé généralement entretenu sur l'existence d'un zéro absolu général. Bien m'en a pris. Car après avoir trouvé, par les expériences concordantes de Pouillet, que les évolutions des chaleurs spécifiques du platine étaient représentées par une parabole du second degré aboutissant à — 1700° environ, je trouvai dans la physique de Péclet quatre déterminations concordantes de Petit et Dulong sur le fer, établissant que, dans ce cas, la loi en question était représentée par une ligne droite rencontrant l'axe des températures à — 866°.

On trouvera, peut-être, que me je suis trop souvent et trop longtemps appesanti sur ce sujet. Mais on me le pardonnera, je l'espère, si l'on réfléchit à l'importante et pressante nécessité de réagir vigoureusement contre des habitudes d'esprit et des entraînements funestes aux progrès réels de la science.

Je passerai maintenant à l'exposition de la méthode par laquelle on peut déterminer les lois des évolutions des chaleurs spécifiques de tous les corps sans avoir recours à aucune hypothèse.

24. Je rappellerai, pour commencer que l'établissement direct des lignes représentant les évolutions des températures conventionnelles par rapport aux chaleurs spécifiques *élémentaires vraies* est impossible

puisque celles-ci sont inconnues, et que l'expérience ne peut donner avec plus ou moins d'exactitude que des aires calorifiques *partielles*; c'est-à-dire les quantités de chaleur recueillies entre le zéro conventionnel et des températures qui varient entre 100 et 1200°. On se rappellera d'ailleurs que ce qu'il importe de connaître, ce n'est pas seulement la quantité de chaleur contenue dans un corps à partir du zéro conventionnel jusqu'à une température quelconque plus ou moins élevée au-dessus de ce zéro ; mais tout ce qu'un corps peut céder de chaleur, au-dessous, à la suite d'une contraction provoquée, soit par un refroidissement, soit par une combinaison chimique. Que représentent les quantités ci-dessus par rapport aux quantités totales que le corps possède entre le zéro absolu spécifique et les températures susdites; et comment les relier ensemble pour en dégager les inconnues de la question? Tel est le problème à résoudre.

A cet effet, et pour en rendre la compréhension plus facile, je choisirai le type le plus simple qui puisse se rencontrer : celui des corps dont les évolutions calorifiques seraient représentées par l'équation d'une ligne droite $\omega\, C_n$ (fig. 6, pl. 48). Dès lors, si l'on prend à partir de ω les températures absolues spécifiques $T_1\, T_2 \ldots . T_n$ les aires calorifiques totales successives correspondant à ces diverses températures seront réprésentées par les triangles $T_1\omega\, C_1$, $T_2\,\omega\, C_2 \ldots . T_n\omega C_n$ dont l'expression générale est :

$$S = \frac{1}{2}\, T \times C.$$

D'un autre côté, ω étant l'origine des coordonnées, le rapport entre T et C est exprimé par l'équation de la droite $\omega\ C_n$:

$$(a)\quad T = a\, C\,;$$

La valeur de C étant tirée de cette dernière équation et transportée dans la précédente il vient: $(b)\quad S = \frac{1}{2a}\, T^2$ ce qui veut dire *que la loi des aires* est exprimée par une parabole du second degré, quand celle des chaleurs spécifiques l'est par une ligne droite. On construit cette parabole en portant en abscisses au droit des températures $T_1\ T_2 \ldots . T_n$ des longueurs représentant les valeurs de $S_1, S_2 \ldots . S_n$ correspondantes.

Jusqu'ici nous sommes dans l'absolu en présence de quantités T, $\frac{1}{2a}$, et C inconnues. Pour y introduire des quantités connues, il suffit de placer sur l'axe des températures quelque part au point O le zéro conventionnel auquel correspondra une température θ et une aire

$\sigma = \omega oo'$ par rapport à ω ; puis au droit de T et T_n, les températures t et t_n auxquelles correspondront les aires partielles observées, s et s_n, représentées par les trapèzes $t\,o\,c_0\,c$ et $t_n\,o\,c_0\,c_n$. D'ailleurs, si au point de rencontre o' de σ avec la courbe des aires on élève une perpendiculaire $o't$, on remarquera que σ, S et S_n représentant les aires totales aux températures totales θ, T et T_n, les aires partielles, s et s_n, fournies par le calorimètre aux températures t et t_n observées seront respectivement égales à $S - \sigma$, $S_n - \sigma$, tandis que les températures t et t_n le seront par $T - \theta$ et $T_n - \theta$; par conséquent on a :

$$S = \sigma + s\,;\ S_n = \sigma + s_n\,;\ \text{et } T = \theta + t,\ \text{et } T_n = \theta + t_n\,;$$

dès lors, si l'on écrit les deux relations : $S = \frac{1}{2a} T^2$, et $S_n = \frac{1}{2a} T_n^2$;
et que l'on y remplace S, S_n, T et T_n par leurs valeurs on obtient :

$$(1)\ \sigma + s = \frac{1}{2a}(\theta + t)^2,\ (2)\ \sigma + s_n = \frac{1}{2a}(\theta + t_n)^2,$$

si l'on y ajoute la relation (3) : $\sigma = \frac{1}{2a}\theta^2$ on aura trois équations pour les trois inconnues σ, $\frac{1}{2a}$, et θ.

En divisant les deux premières équations l'une par l'autre on en élimine $\frac{1}{2a}$ et on tire, en fonction de θ, la valeur de σ qui sera introduite dans la troisième équation.

En les retranchant l'une de l'autre on en élimine σ, et l'on en tire la valeur de $\frac{1}{2a}$ qui sera également introduite dans la troisième équation.

La première opération donne :

$$\frac{\sigma + s_n}{\sigma + s} = \frac{(\theta + t_n)^2}{(\theta + t)^2}\,;\ \text{d'où : } (\sigma + s_n)(\theta + t)^2 = (\sigma + s)(\theta + t_n)^2.$$

effectuant les calculs :

$$s_n(\theta + t)^2 + \sigma(\theta + t)^2 = s(\theta + t_n)^2 + \sigma(\theta + t_n)^2\,;$$

rassemblant du même côté, d'une part, les termes en σ et d'autre part ceux en s et s_n on a :

$$\sigma\left[(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2\right] = s_n(\theta + t)^2 - s(\theta + t_n)^2\,;\ \text{d'où :}$$

$$\sigma = \frac{s_n(\theta + t)^2 - s(\theta + t_n)^2}{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2}$$

La deuxième opération donne :

$$s_n - s = \frac{1}{2a}\left[(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2\right];$$ d'où l'on tire :

$$\frac{1}{2a} = \frac{s_n - s}{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2};\ \text{et, } a = \frac{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)}{s_n - s}$$

En remplaçant dans l'équation (3) σ et $\frac{1}{2a}$ par leurs valeurs il vient

$$\frac{s_n (\theta + t)^2 - s (\theta + t_n)^2}{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2} = \frac{(s_n - s)\,\theta^2}{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2}$$

supprimant les dénominateurs communs, et effectuant les calculs :

$$\underset{\cdot}{s_n \theta^2} + 2 s_n \theta t + s_n t^2 - \underset{\cdot\cdot}{s \theta^2} - 2 s \theta t_n - s t_n^2 = \underset{\cdot}{s_n \theta^2} - \underset{\cdot\cdot}{s \theta^2}$$

Enlevant les termes, indiqués par des points, qui se détruisent; et rassemblant ceux en θ dans le premier membre, il vient :

$$2 s_n \theta t - 2 s \theta t_n = s t_n^2 - s_n t^2$$

et par suite :

$$2 \theta (s_n t - s t_n) = s t_n^2 - s_n t^2$$

et finalement : $$\theta = \frac{s t_n^2 - s_n t^2}{2 (s_n t - s t_n)}$$

ce qui donne directement la valeur de θ en fonction des données expérimentales. Cette valeur devra rester constante si l'on introduit successivement dans la formule deux valeurs consécutives quelconques en prenant pour t_n et s_n les valeurs en t et en s les plus élevées.

25. J'appliquerai d'abord cette formule à trois groupes de données correspondantes des expériences de M. Violle extraites du tableau n° 3, § 21.

1° $s = 3.23$; $s_n - 28.616$; $t = 100°$; $t_n = 784°$;

$$t^2 = 10000°;\ t_n^2 = 614656$$

$$\theta = \frac{3.23 \times 614656 - 28,616 \times 10000}{2\,(28,616 \times 100 - 3,23 \times 784)} = 2489°$$

2° $s = 28{,}616$; $s_n = 37{,}70$; $t = 784$; $t_n = 1000$.

$$\theta = \frac{28616 \times 1000000 - 37.70 \times 614616}{2\,(37.70 \times 784 - 28{,}616 \times 1000} = 2893°.$$

3° $s = 28{,}616$; $s_n = 45.667$ $t = 784$ $t_n = 1177$.

$$\theta = \frac{28.616 \times 1{,}385329 - 45.6676 \times 614656}{2\,(45.6676 \times 784 - 28.616 \times 1177} = 5452°.$$

La discordance de ces résultats montre que la courbe des aires calorifiques n'est pas une parabole du second degré ; et par conséquent que la ligne qui exprime les évolutions des capacités calorifiques vraies du platine expérimenté par M. Violle ne saurait être une ligne droite.

Si maintenant, on soumet les expériences de Pouillet à la même épreuve en obtient les résultats suivants :

1° Données expérimentales :

$s = 3.35$; $s_n = 25.214$; $t = 100$; $t_n = 700$; $t^2 = 10000$; $t_n^2 = 490000$.

$$\theta = \frac{3.35 \times 49000 - 25.214 \times 10000}{2\,(25.214 \times 100 - 3.35 \times 700)} = 2729°.$$

2° Données expérimentales :

$s = 25.214$; $s_n = 37.28$; $t = 700$; $t_n = 1000$; $t^2 = 49000$; $t_n^2 = 1000000$.

$$\theta - \frac{25.214 \times 1000000 - 37.28 \times 490000}{2\,(37.28 \times 700 - 25.214 \times 1000)} = 3881°.$$

3° Données expérimentales :

$s = 17.59$; $s_n = 3728$; $t = 500$; $t_n = 1000$

$$\theta = \frac{25214 + 1000000 - 37.28 \times 250000}{2\,(37.28 \times 500 - 17.59 \times 1000)} = 7876°$$

On voit par là, que les expériences de M. Violle, comme celles de Pouillet, aboutissent à la même conclusion.

Les expériences de Petit et Dulong sur le fer conduisent à un résultat différent ; ainsi que l'indiquent les calculs ci-après qui ont été faits d'après les données expérimentales du tableau n° 3 paragraphe 21.

1° données : $s = 10.98$; $s_n = 23.00$; $t = 100\, t_n = 200$;

$$\theta = \frac{10.90 \times 40000 - 23 \times 10000}{2\,(23 \times 100 - 10.98 \times 200)} = 1006$$

2° données : $s = 10.98$; $s_n = 36.54$; $t = 100$; $t_n = 300$

$$\theta = \frac{10.98 \times 90000 - 36.54 \times 10000}{2\,(36.54 \times 100 - 10.98 \times 300)} = 866$$

3° données : $s = 10.98$; $s_n = 43.925$; $t = 100$; $t_n = 350$

$$\theta = \frac{10.98 \times 122500 - 43.925 \times 10000}{2\,(43.925 \times 100 - 10.98 \times 350)} = 823$$

4° données : $s = 23.00$; $s_n = 43.925$; $t = 200$; $t_n = 350$

$$\theta = \frac{23 \times 122500 - 43.925 \times 40000}{2\,(43.925 \times 200 - 23 \times 350)} = 721$$

$$\left.\begin{array}{r} 1006 \\ 866 \\ 823 \\ 721 \end{array}\right\} = 854 \qquad \overline{3416 : 4}$$

La moyenne est aussi près que possible de 866 ; on peut donc prendre les valeurs expérimentales dont ce résultat dérive, pour déterminer celles de σ et de a d'après les formules du § précédent :

$$\sigma = \frac{s_n\,(\theta + t)^2 - s\,(\theta + t_n)^2}{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2}\ ; \text{ et } a = \frac{(\theta + t_n)^2 - (\theta + t)^2}{s_n - s},$$

L'application de ces formules donne :

$$\sigma = \frac{36.54\,(866 + 100)^2 - 10.98\,(866 + 300)^2}{(866 + 300)^2 - (866 + 100)^2} = 44.95\ ;$$

valeur identique à celle trouvée au paragraphe 19, tableau n° 2, en partant de l'hypothèse que la loi des chaleurs spécifiques du fer serait exprimée par une droite de la forme $t = a\,(C_t - C_o)$; ce qui se trouve confirmé, autant qu'on peut l'attendre d'expériences où des précautions essentielles pour l'exactitude ne paraissent pas avoir été prises.

La valeur de a est : $a = \dfrac{(866 + 300)^2 - (866 + 100)}{36.54 - 10.98} = 8341$,

ce résultat étant introduit dans la formule (a) du commencement du paragraphe 24, il vient : $T = 8341 \times C$ d'où $C = \dfrac{T}{8341}$;

dans laquelle C exprime les chaleurs spécifiques vraies et T les températures prises à partir de ω. Si l'on cherche d'après cela quelles sont les valeurs de C pour les températures :

$T = \theta + t$:	866 + 50	866 + 100	866 + 150	866 + 175
c'est-à-dire :	916*	960*	1016*	1041*
on trouve :	0,1098	0,1158	0,1218	0,1248
Tandis que l'expérience a donné pour les chaleurs spécifiques entre le zéro conventionnel et	100°	200°	300°	350°
qui sont dans ce cas particulier les chaleurs spécifiques vraies à	50°	100°	150°	175°
ou aux températures absolues marquées ci-dessus d'un astérisque :	0,1098	0,1150	0,1218	0,1255

Par les différences + 0,0008 et — 0,0007 présentées par les capacités moyennes par rapport à celles fournies par la loi, on jugera du degré d'exactitude qu'exigent les expériences dont il s'agit, pour arriver à une conformité parfaite entre les chaleurs spécifiques moyennes expérimentales et celles données par le calcul. On verra plus loin, paragraphe 29, que les expériences plus complètes de Pouillet, donnent sous ce rapport des résultats plus satisfaisants.

26. — D'après la marche suivie, au sujet d'un premier type de chaleurs spécifiques, dans les deux paragraphes précédents, on a vu que les données expérimentales, aires calorifiques partielles et températures conventionnelles recueillies par l'expérimentateur, doivent être rapportées au zéro des températures absolues de chaque corps ; et que, dès lors, on pouvait établir des relations en nombre suffisant pour déterminer les inconnus θ et σ et par suite celle de a élément essentiel commun à *la courbe* des aires calorifiques totales, et à *la ligne droite* des chaleurs spécifiques vraies. On peut croire que le type choisi comme exemple n'est que le prélude d'une recherche d'un caractère plus général, comme celle de la détermination de l'équation générale des sections coniques, et aboutissant aussi à une formule unique d'où l'on tirerait, par un moyen analogue, la solution de tous les autres types et cas particuliers à chacun. Il n'en est rien. Je doute même que l'on puisse aborder le problème de cette façon ; et je tire cette opinion de la difficulté déjà très grande que l'on éprouve à tirer une solution du second type qui va être examiné, et dans lequel on substitue, à la ligne droite exprimant la loi des chaleurs spécifiques vraies, une courbe parabolique du second degré. D'après cela, la méthode, que je poursuis, consisterait simplement à poser et définir mathématiquement un certain nom-

bre de types différents, comme celui qui vient d'être mentionné et le précédent ; puis dans l'application à chercher pour chaque corps, auquel de ces divers types se rapporteraient les données expérimentales qui lui sont propres. Je bornerai même mon ambition à résoudre les deux cas dont il vient d'être question et qui, je l'espère, seront suffisants dans la pratique ; en me reposant, d'ailleurs, sur de plus habiles mathématiciens, du soin de résoudre des cas plus complexes, s'il s'en présentait.

Le nouveau type, dont je vais m'occuper, est représenté par la figure 7 (planche 48) semblable à la précédente, et dans laquelle les mêmes quantités ou désignations sont représentées par les mêmes lettres. Mais l'évolution des chaleurs spécifiques étant cette fois exprimée par une parabole du second degré ω C_1 C_n, il s'ensuit que les aires calorifiques successives le seront par la formule :

$$S = \frac{2}{3} T C \text{ ou, } S^2 = \frac{4}{9} T^2 C^2$$

tandis que la parabole précitée le sera par :

(*a*) $$T = a C^2 ; \text{ d'où } C^2 = \frac{T}{a}$$

valeur qui, transportée dans celle de S^2 ci-dessus, donne :

(*b*) $$S^2 = \frac{4}{9a} T^3$$

qui exprime la loi des aires calorifiques dans le nouveau type considéré. Dans ce cas comme dans le précédent, il faut pour introduire les données expérimentales dans cette formule y mettre à la place de S et de T leurs valeurs : $S^2 = (\sigma + s)^2$ et $T^3 = (\theta + t)^3$. Il vient alors :

(1) $$(\sigma + s)^2 = \frac{4}{9a} (\theta + t)^3$$

formule à laquelle il faudra joindre les deux suivantes pour avoir autant d'équation que d'inconnues :

(2) $$(\sigma + s_n)^2 = \frac{4}{9a} (\theta + t_n)^3 ;$$

(3) $$\sigma^2 = \frac{4}{9a} \theta^3$$

Par les éliminations successives des inconnues σ et a analogues à

celles pratiquées dans le cas précédent, on arrive aussi à une équation finale, où il ne reste plus d'autre inconnue que θ. Malheureusement, elle s'y trouve aux puissances 1, 2 et 3, tellement mêlées les unes dans les autres, qu'il ne m'a pas paru possible de l'en dégager d'une manière pratique et rapide.

J'ai alors renoncé à poursuivre la solution par cette voie, et je me suis arrêté à l'idée de combiner la première de ces trois équations avec la troisième en tirant de celle-ci la valeur de $\frac{4}{9a}$ qui est : $\frac{\sigma^2}{\theta^3}$, et la transportant dans l'autre, ce qui m'a donné : $(\sigma + s)^2 = \frac{\sigma^2}{\theta^3} (\theta + t)^3$; d'où l'on tire la relation aussi simple que pratiquement commode et suffisante, ainsi qu'on le verra par la suite : $\left(\frac{\sigma + s}{\sigma}\right)^2 = \left(\frac{\theta + t}{\theta}\right)^3$.

En faisant le premier membre égal à b^2 on obtient ensuite les deux suivantes (*m*) et (*n*) :

$$(m) \qquad b = \sqrt{\left(\frac{\theta + t}{\theta}\right)^3} ; \qquad (n) \quad \sigma = \frac{s}{b - 1}.$$

La détermination directe de θ ayant été écartée comme impraticable, il est facile de voir du premier coup d'œil le parti que l'on peut tirer de ces deux formules pour y suppléer.

En effet, on comprend que si l'on prête une valeur quelconque à θ, il en résultera autant de valeurs de b qu'il y aura eu de déterminations expérimentales parallèles de t et de s [1]. L'introduction de ces valeurs de b dans la formule (*n*) donnera un nombre égal de valeurs différentes de σ. Car elles ne pourraient être égales, que si du premier coup on était tombé sur la véritable valeur de θ. On note les écarts entre les valeurs de σ et on passe à un nouvel essai avec une valeur plus petite de θ, si la première a été prise très grande, ce qui n'a aucun inconvénient ; au contraire. On reconnaît alors que les valeurs de σ se rapprochent. Par une suite d'essais semblables on finit par cantonner σ entre deux limites donnant des écarts assez faibles dans deux sens différents. On procède alors en partant de la limite supérieure par des valeurs de θ présentant d'assez faibles différences et l'on arrive enfin par des calculs assez longs, mais faciles, au résultat cherché.

1. Tableau n° 3, expériences de Pouillet, paragraphe 21.

Cette méthode appliquée, en prenant successivement pour θ : 4000° — 3000° — 2000° — 1000°, m'a fait reconnaître que θ était entre 1000° et 2000°. Essayant alors 1900° — 1800° — 1700°, je m'arrêtai à cette dernière température qui m'a donnée pour σ les valeurs consignées dans le tableau ci-après, que j'ai rapprochées d'autres résultats obtenus par une méthode plus directe dont il sera question ci-après :

N° 5.

TEMPÉRATURES atteintes dans les expériences	100°	300°	500°	700°	1000°	1200°
VALEURS de σ pour θ = 1700	37.4259	37.3157	37.2535	37.2359	37.2230	37.3148
de σ pour θ = 1711	37.6742	37.5711	37.5097	37.4823	37.4899	37.5808

27. — Ces résultats se rapprochent autant de l'égalité qu'on peut l'attendre des expériences les mieux faites. Ils confirment l'existence d'un second type de loi régissant les évolutions des chaleurs spécifiques vraies des corps comme le platine et les métaux qui seront reconnus plus tard appartenir, sous ce rapport, à la même famille de corps primaires. Ils accusent d'ailleurs cette particularité qui a été signalée à la fin du paragraphe 18 à savoir : que celui de tous les résultats qui s'éloigne le plus des 3ᵉ, 4ᵉ et 5ᵉ qui sont à peu près identiques, c'est celui qui se rapporte à la capacité moyenne entre 0 et 100 degrés. Dans les métaux qui fondent à des températures peu élevées et qui ne peuvent fournir un grand nombre de déterminations, comme le plomb, il faudra donc prendre un soin particulier pour que la chaleur spécifique moyenne correspondant à cet intervalle soit déterminée par une température du mélange aussi voisine que possible du zéro conventionnel.

Mais la route suivie, pour arriver aux résultats que l'on a vus, est assez longue, surtout au début. Parmi les moyens que j'ai employés pour l'abréger, je signalerai celui auquel j'ai eu recours dans mes dernières déterminations et qui se rapproche beaucoup d'une méthode directe. Ayant trouvé le moyen de contrôler par une épure les valeurs successives de *b* obtenus par la formule (*m*) j'eus l'idée de chercher si les diverses valeurs de σ pour une même valeur de *t*

correspondant à des valeurs variables de θ ne seraient pas, à leur tour, reliées par une relation algébrique maniable. Plusieurs épures me firent voir qu'elles l'étaient, en effet, par l'équation d'une ligne droite de la forme $\sigma = a\ \theta + b$. Dès lors, il me suffisait de choisir deux valeurs de θ suffisamment éloignées comme 4000 et 2000 par exemple prises comme abscisses (fig. 8, pl. 48) se rapportant chacune à deux valeurs de σ tirées de la formule (n) prises comme ordonnées et correspondant aux deux températures conventionnelles $+1000°$ et $+500°$. J'obtins de la sorte les éléments de deux droites $a\ b$, $a'\ b'$, dont la rencontre correspondant à la condition $\sigma = \sigma'$ donnait la valeur cherchée de θ qui s'est trouvée être pour le platine de 1711° au lieu de 1700, chiffre fourni par la méthode des essais successifs. Comme résultat général, ces deux solutions ne diffèrent, en définitive, que de 1/4 calorie, c'est-à-dire d'environ $\frac{1}{150}$. En effet, les deux moyennes, prises dans chaque cas sur les trois valeurs de σ du tableau numéro 5 du paragraphe précédent qui dans chacune des deux opérations peuvent être considérées comme identiques, s'établissent comme il suit :

Pour $\theta = 1700$:	37,2230 + 37,2359 + 37,2535 = 111,7124 :	
ce résultat divisé par 3, donne :		37.2375
Pour $\theta = 1711$:	37,4899 + 37,4823 + 37,5097 = 112,4819 :	
ce résultat, divisé par 3, donne :		37.4939
Valeurs dont la différence est de................................		$0^{cal},2564$

Des trois inconnues qu'il s'agissait de trouver pour établir la loi des capacités calorifiques élémentaires vraies du platine, ainsi que celles de ses capacités absolues ou aires calorifiques, il ne reste plus à déterminer que celle de a. Il suffit pour cela de reprendre les équations (a) et (b) du § 26 : $T = a\ C^2$ et $S^2 = \frac{4}{9a} T^3$ qui deviennent respectivement : $C = \sqrt{\frac{1}{a} \times T}$ et $S = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1}{a} \times T^3}$ et de résoudre par rapport à $\frac{1}{a}$ l'équation (3) du même paragraphe :

$$\sigma^2 = \frac{4}{9a}\ \theta^3 \text{ qui devient } \frac{1}{a} = \frac{9\ \sigma^2}{4\ \theta^3}\ ; \quad \text{appliquant il vient :}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{9}{4} \times \frac{(37,494)^2}{(1711)^3} = 0,0000006315.$$

En transportant ce coefficient numérique dans les équations (*a*) et (*b*) résolues par rapport à C et S on obtient définitivement :

$$C = \sqrt{0{,}0000006315\ T}\ ;\ \text{et}\ S = \frac{2}{3}\sqrt{0{,}0000006315\ T^3}.$$

28. — L'introduction dans ces deux formules des diverses valeurs de T a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

N° 6.

TEMPÉRATURES ABSOLUES $T = \theta + t$		Capacités calorifiques vraies C	Aires calorifiques S	TEMPÉRATURES ABSOLUES $T = \theta + t$		Capacités calorifiques vraies C	Aires calorifiques S
			calories				
100°	»	0,00794	0.533	2011°	1711 + 300	0,03653	47.774
200	»	0,01124	1.498	2211	1711 + 500	0,03736	55.094
700	»	0,02102	9.810	2411	1711 + 700	0,03902	72.515
1200	»	0,02752	22.123	2711	1711 + 1000	0,04139	74.755
1711	1711° + 0°	0,03287	37.494	2911	1711 + 1200	0,04287	81.204
1811	1711 + 100	0,03380	40.834	»	»		

On voit d'après cela que la capacité calorifique vraie élémentaire de un kilogramme de platine varie entre les limites de 100° à 2911° au-dessus de ω, de 0,00794 à 0,04287 un peu plus du simple au quintuple. Il en serait de même des produits correspondants P × C qui donneraient les capacités calorifiques élémentaires vraies de l'individualité chimique représentée par le poids 98.97.

La capacité calorifique totale de la même individualité, la seule qui ait une véritable importance à tous les points de vue, varie, entre les mêmes limites, de 57^cal^751 à 8012^cal^398 c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 160 ! Ce résultat ne fait du reste que confirmer d'une manière plus positive, par le fait des expériences plus complètes dont il dérive et en l'accentuant davantage, ce que l'on pouvait déjà conclure sur ce sujet d'après le tableau numéro 2 du paragraphe 19 et l'interprétation qui en a été donnée dans le paragraphe 20. Il montre Petit et Dulong

faussant compagnie à leurs propres expériences et notamment celles relatives au fer où l'on trouve quatre déterminations, en substituant *au fait constaté de la variation des chaleurs spécifiques* d'un même corps avec la température, l'*hypothèse* de la *constance* de cet élément en vue d'idées préconçues ; et entraînant, après eux, dans cette voie et jusqu'à ce jour, plusieurs générations de savants de tous les pays. Ce qui a éloigné les esprits de la recherche des lois véritables des variations de ces chaleurs qui devaient empêcher les mécaniciens et les physiciens de s'égarer au début de la thermodynamique, fournir aux chimistes les éléments essentiels d'une thermochimie sérieuse, et épargner, à un grand nombre de leurs collègues les plus distingués, la confusion d'avoir versé dans un remaniement arbitraire des poids moléculaires et une notation chimique défectueuse. Si cet exemple seul qui, outre les inconvénients signalés sommairement, a retardé l'avènement de la thermochimie d'au moins trente ans, ne suffit pas à mettre les savants en garde contre le démon de l'imagination et de l'hypothèse, on ne pourra plus invoquer, comme circonstances atténuantes en leur faveur, le vieil adage «*Errare humanum est*» qui s'applique à l'erreur provenant d'un esprit qui a des bornes ou des lacunes ; car cela prouverait que l'humanité se trompe parce qu'elle le veut bien, soit qu'elle y trouve un intérêt d'amour-propre, soit que les fruits de son imagination ont pour elle plus de charmes que ceux que lui procure la découverte directe de la vérité. On le croirait vraiment à entendre des esprits distingués proclamer que la science ne peut marcher sans le secours de l'hypothèse et attribuer à celle-ci les progrès réalisés. Pour moi, je suis convaincu que la science a progressé uniquement par l'expérience, malgré cette intervention ; et je ne suis touché que du retard et du recul que l'hypothèse lui a infligés et de l'abaissement général de la judiciaire humaine qu'accuse la faveur dont elle jouit.

29. — Comme confirmation ou contrôle des résultats auxquels je suis arrivé dans les pages précédentes, on peut désirer connaître les rapports qui existent entre les aires calorifiques partielles, à partir du zéro conventionnel et les capacités moyennes fournies par l'expérience d'une part, et les valeurs correspondantes qui résultent des lois représentant les véritables évolutions des capacités calorifiques totales absolues d'autre part. Rien n'est plus simple. Il suffit de recourir à la

relation (n) du § 26 : $\sigma = \frac{S}{b-1}$; d'où l'on tire $S = \sigma\,(b-1)$ dans laquelle σ est connu, ainsi que les valeurs $b-1$ qui ont dû être calculées pour chaque température t afin de déterminer les valeurs de σ correspondantes.

L'application de cette formule a donné les résultats du tableau suivant où on les a mis en regard des données expérimentales.

N° 7.

Nos	t	CALCUL DES AIRES $s = \sigma\,(b-1)$	AIRES CALORIFIQUES Expérience	AIRES CALORIFIQUES Calcul	CAPACITÉS MOYENNES Expérience	CAPACITÉS MOYENNES Calcul
1	100°	s = 37.494 × 0.08892	3.350	3.340	0,03350	0,03340
2	300	s = 37.494 × 0.27420	10.302	10.281	0,03434	0.03427
3	500	s = 37.494 × 0.46895	17.590	17.580	0,03518	0,03516
4	700	s = 37.494 × 0.67269	25.214	25.221	0,03602	0,03603
5	1000	s = 37.494 × 0.99440	37.280	37.281	0,03728	0,03728
6	1200	s = 37.494 × 1.21913	45.816	45.710	0,03818	0,03810

Ceux qui ont l'habitude d'interpréter des résultats d'expériences reconnaîtront qu'il est rare de rencontrer une concordance plus grande avec ceux du calcul. Ce qui est la preuve de l'habileté de l'expérimentateur.

Les expériences de M. Violle, soumises aux mêmes calculs, ont donné les chiffres comparatifs suivants :

N° 8.

TEMPÉRATURES EXTRÊMES t		100°	784°	1000°	1177°
Capacités moyennes entre 0° et les températures t	expériences.	0,03230	0,03650	0,03770	0,03880
	calculs.....	0,03305	0,03655	0,03764	0,03883

On voit que l'accord n'est pas aussi satisfaisant surtout en ce qui concerne la première et la quatrième expérience ; ce qui permet de penser que la cause particulière d'erreur que j'ai signalée au paragraphe 18, au sujet des déterminations aux températures les plus basses a exercé son influence ; et que, d'un autre côté, les soins pris par M. Violle pour assurer une mesure plus exacte de la plus haute température, n'aurait pas répondu tout à fait à son attente. A un autre point de vue

j'ai déjà signalé, au paragraphe 21, tableau numéro 4, la différence considérable qui existe entre la chaleur totale que contiendrait le platine à 0° et par conséquent à la température ordinaire, suivant que cette chaleur serait déterminée par la loi véritable ou par une loi représentée par une ligne droite que l'on considérerait comme une approximation suffisante de la vérité. Cette différence serait encore plus grande s'il s'agissait de corps présentant une chaleur spécifique plus considérable comme le fer, le manganèse et beaucoup d'autres substances qui fournissent des combinaisons nombreuses à des températures peu élevées avec les métalloïdes; parce que les paraboles qui exprimeraient la loi véritable seraient moins aplaties que celle du platine et s'éloigneraient davantage des lignes droites que l'on serait d'autant plus disposé à leur substituer qu'elles peuvent être établies avec un plus petit nombre de déterminations. On ne saurait trop se mettre en garde contre cette tendance qui ne peut qu'exercer la plus fâcheuse influence sur la thermochimie future.

En résumé, M. Violle a des résultats plus faibles aux basses températures, peut-être, pour avoir commencé par là avec un métal neuf ayant un certain degré d'écrouissage qu'il a perdu de plus en plus dans les expériences subséquentes; ce qui expliquerait en même temps, d'après les observations faites dans le paragraphe 22, pourquoi il a obtenu des chaleurs spécifiques moyennes trop fortes dans les plus hautes températures. Il s'ensuivrait qu'il y aurait, dans cette manière de procéder, une cause d'erreur qu'on pourrait éviter dans les expériences futures, en ne faisant servir la même éprouvette que pour une seule expérience. En tout cas, les résultats des deux expérimentateurs différents dans les points particuliers qui viennent d'être signalés, sont d'accord pour établir le fait principal : que la loi des chaleurs *spécifiques vraies du platine est exprimée par une parabole du second degré.* L'épure générale de la planche 49, dans laquelle j'ai introduit la courbe des aires des expériences de M. Violle, indique nettement cet accord. Elle résume d'ailleurs par ses lignes, ses chiffres et ses diverses indications écrites, tout ce qui a rapport à des recherches de ce genre et suffit à elle seule pour fixer dans l'esprit la méthode qu'elle traduit graphiquement, ou pour la rappeler par une simple lecture. Résultat que le texte ne saurait atteindre aussi bien, à cause des questions incidentes qui s'y mêlent nécessairement en rompant la chaîne des déductions algébriques et autres.

CHAPITRE III

LOIS DES DILATATIONS DES CORPS

30. — Les deux phénomènes inverses dans lesquels les corps prennent ou perdent de la chaleur sont toujours accompagnés l'un d'un phénomène de dilatation, l'autre de contraction ; et il ne peut y avoir aucun doute que la contraction prend fin en même temps que la perte de chaleur. On ne peut douter davantage que les évolutions dans les dimensions des corps ne soient soumises à une loi ; et que cette loi ne soit exprimée par l'équation d'une ligne qui doit rencontrer l'axe des températures au même point que celle des chaleurs spécifiques vraies. De plus les quantités se rapportant aux dilatations et fournies par l'expérience ont le même caractère que les chaleurs spécifiques. L'expérience ne peut donner, en effet, que des *dilatations totales*, des intégrations partielles entre 0° et 100° entre 0° et 300° et ainsi de suite. On en a tiré un certain nombre de dilatations moyennes qui ne préjugent en rien la question de savoir par quelles lignes sont représentées les *évolutions des dilatations élémentaires vraies*, ainsi que les intégrations depuis le point de rencontre avec l'axe des températures jusqu'à un autre point déterminé quelconque. On voit par là que le problème qui se pose par rapport aux dilatations est absolument identique à celui des chaleurs spécifiques et doit se résoudre par le même mode d'investigation. Il est d'ailleurs infiniment probable qu'elles seront analogues ; c'est-à-dire que les évolutions des dilatations seront régies par une expression du même ordre que celles des chaleurs spécifiques correspondantes. En tout cas, il n'y a pas autre chose à faire, pour commencer, que de soumettre les données expérimentales qui existent à l'épreuve des deux types de lois qui ont été déterminées précédemment. Malheureusement, les physiciens ne paraissent pas s'être douté de l'importance extrême de ces expériences et n'en ont fait qu'un nombre plus restreint encore que celui relatif aux chaleurs spécifiques.

Je les passerai rapidement en revue afin d'en tirer les conséquences qu'elles comportent.

31. — On a vu qu'en ce qui concerne celles qui ont été faites sur les chaleurs spécifiques, les résultats étaient différents suivant les expérimentateurs. Cette différence, qui a été également observée dans les épreuves des métaux expérimentés à la rupture et aux résistances élastiques, est due aux mêmes causes qui ont été déjà signalées et à l'égard desquelles il faudra prendre des précautions particulières dans de nouvelles expériences afin de les rendre comparables. Voici les diverses dilatations moyennes observées sur le platine entre 0 et 100° :

Froment (un mètre type). 0,000007492;
Borda 0,000008565;
Petit et Dulong 0,000008842;
Troughton. . . . . 0,000009918.

La différence entre les deux résultats extrêmes est de $\frac{1}{23}$. Elle est énorme, si l'on considère qu'il faudrait atteindre dans ces sortes d'expériences les degrés d'approximation de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{4000}$ obtenues par Berzélius, MM. Dumas et Stass dans leurs analyses chimiques.

Je donnerai maintenant le seul tableau que l'on puisse dresser des dilatations linéaires moyennes de quelques corps, observées par Petit et Dulong entre 0° et 300° et consignés dans les ouvrages de physique de Péclet et de Pouillet :

N° 9.

ENTRE	PLATINE.	FER.	CUIVRE.	VERRE.
0 et 100°..	0,0000088420	0,0000118210	0,0000171820	0,0000086133
0 et 200°..	»	»	»	0,0000094856
0 et 300°..	0,0000091827	0,0000146842	0,0000188324	0,0000101084

Ces résultats montrent que les dilatations augmentent avec la température comme les chaleurs spécifiques.

En appliquant le premier type de loi aux expériences sur le platine, on trouve une valeur de $\theta = 2543°$ au lieu de 1711°. Différence 832°. En appliquant le second type on obtient $\theta = 1257°$ au lieu de 1711°. Différence 434°. Ce qui se rapproche beaucoup plus du résultat auquel il faudrait arriver, et permet de croire, qu'en écartant les causes accidentelles nombreuses de dissidences, l'accord serait obtenu. Il faut d'ailleurs remarquer que l'on a comparé dans cet exemple des résultats émanant de deux expérimentateurs différents. Si, au contraire, on met en présence des expériences de Petit et Dulong sur les chaleurs spécifiques et les dilatations, on doit s'attendre à une approximation plus grande, bien qu'il puisse encore exister une différence due par exemple à la qualité des métaux expérimentés dans les deux cas. C'est le cas du cuivre qui a donné par les chaleurs spécifiques une valeur de $\theta = -1240°$ et par les dilatations —991°. Je dois, à la vérité, de dire que la même opération faite sur le fer donne un écart beaucoup plus considérable. Cela n'étonnera aucun de ceux qui ont eu occasion de constater combien ce métal varie dans sa qualité, dans ses résistances, et combien aussi par conséquent il doit varier dans ses chaleurs spécifiques et ses dilatations ; ce qui montre l'absolue nécessité d'employer, dans les deux séries d'expériences, des corps obtenus dans des circonstances identiques pour obtenir des résultats comparables.

Malgré la pauvreté extrême des expériences sur la dilatation des corps, on peut tirer, comme on l'a vu de celles qui existent et de leur connexité avec celles des chaleurs spécifiques, cette assurance : que ces deux ordres d'évolutions d'un même corps sont gouvernés par le même type de lois et qu'ils aboutissent l'un et l'autre au même zéro absolu spécifique. Ce qui assure un contrôle précieux aux deux séries d'expériences futures qui devraient être entreprises parallèlement. Mais quand, à l'aide de ce contrôle, à la suite d'un bon nombre d'expériences des deux sortes sur quatre ou cinq corps qui s'y prêtent le mieux, on sera arrivé à un système d'expérimentation évitant les erreurs ou permettant de les reconnaître et de les écarter, on en viendra, sans doute, à rechercher si elles ne peuvent pas être abrégées en demandant, par exemple, la détermination de la valeur de θ et de la forme de loi à laquelle elle se rattache, à celles des deux séries d'expériences qui présente le moins difficultés. Or, autant qu'il est permis d'en juger dès à présent, on peut croire que l'on trouvera des facilités particulières et une sûreté plus grande dans les expériences

sur les dilatations linéaires. Car elles peuvent toutes partir d'un même point fixe : la température de la glace fondante. Elles offrent des mensurations directes plus faciles à prendre, et n'exigent pas des appareils aussi délicats. Dès lors, ayant ainsi déterminé la valeur de θ et la forme de loi qui convient aux dilatations et aux chaleurs spécifiques d'un même corps, il suffira, pour être fixé sur celles-ci, des deux mêmes expériences bien faites et répétées deux ou trois fois, pour déterminer les autres éléments de la question, c'est-à-dire : les valeurs de σ et de $\frac{1}{a}$, au moyen des formules (1) et (2) du paragraphe 26. Celle de $\frac{1}{a}$, sera alors introduite dans les formules (4) et (5) qui terminent le paragraphe 27, et qui sous la même forme, avec la valeur $\frac{1}{a}$ particulière aux chaleurs spécifiques et aux dilatations, donneront les chaleurs spécifiques et les dilatations *élémentaires vraies* à une température quelconque et les aires calorifiques ou dilatations totales entre deux limites déterminées.

32. — Il ne me reste maintenant, pour terminer, qu'à indiquer quelles seraient, sauf meilleur avis, les précautions à employer pour obtenir dans les expériences futures des résultats comparables et sur lesquels on puisse compter d'une manière absolue.

Rappelons d'abord que les circonstances qui influent également sur les résultats dans les deux ordres d'expériences dont il s'agit, en outre de celles propres aux expériences elles-mêmes, sont les mêmes que celles dont les ingénieurs sont appelés à reconnaître les effets sur la résistance des métaux qu'ils emploient dans les constructions. C'est d'abord le degré de pureté de corps expérimenté ; ensuite le procédé par lequel il a été obtenu, d'où résulte un état d'agrégation particulier des molécules ; et puis les incidents particuliers de fabrication qui se sont présentés dans chacun d'eux. Ainsi un métal coulé peut l'avoir été à une température plus ou moins élevée, dans des moules de nature différente ; les diverses éprouvettes obtenues, s'être trouvées plus ou moins éloignées du jet de coulée. Le martelage, le laminage, à des températures que l'on ne peut empêcher d'être variables, peuvent avoir été plus ou moins énergiques dans leur effet de rapprochement des molécules, suivant l'intensité de l'action mécanique, le *calibre*

de la pièce et la *forme* qu'on veut lui donner. Enfin l'étirage ou l'écrouissage du métal peut avoir été ou non suivi d'un recuit. Ces divers incidents, dans le cas où ils sont les moins nombreux, comme dans des barreaux obtenus par fusion, exercent une influence telle que, dans une même coulée, on en rencontre qui présentent des différences de résistance d'un cinquième à un quart. Les ingénieurs peuvent à la rigueur affronter ces variations en proportionnant le coefficient de sécurité au degré de perfection atteint par les procédés de fabrication et en tenant compte de ce fait que, dans la pratique, les pièces coulées sont considérables dans leurs dimensions par rapport aux barreaux éprouvés; et qu'on peut, dès lors, considérer leur résistance comme égale à la moyenne de celle des barreaux dont on aurait même écarté les plus mauvais. Mais le savant, dans les questions de l'ordre dont il s'agit, n'est pas dans la même situation que l'ingénieur; il doit tirer ses conclusions des éprouvettes, des barreaux mêmes expérimentés; et, dès lors, il est infailliblement exposé à obtenir des résultats qui ne sont pas comparables. Il faut donc qu'il opère sur des échantillons absolument identiques; et comme ils ne peuvent être obtenus par aucun des procédés courants de fabrication, il ne peut échapper à l'obligation de ne recourir qu'à des corps qui auraient été obtenus par dépôt électrique quelque coûteux qu'il puisse être.

Il faudrait donc obtenir, par ce procédé, deux barreaux de même calibre pour un même corps : l'un d'une longueur suffisante pour servir aux épreuves de la dilatation; l'autre pour pouvoir être recoupé en autant de morceaux que l'on voudrait faire de déterminations différentes, six environ comme dans les expériences de Pouillet. Chacune de ces déterminations étant le résultat de deux ou trois expériences sur des échantillons différents pour éviter les erreurs provenant du recuit. D'ailleurs les expériences sur les dilatations étant terminées, on pourrait recouper, à son tour, le barreau sur lequel elles auraient été faites, et l'employer à de nouveaux essais sur les chaleurs spécifiques, quand ce ne serait que pour vérifier si l'effet du recuit sur l'état d'agrégation de métaux obtenus par la pile est le même que celui observé sur les métaux obtenus par les procédés ordinaires; et dans le cas où il serait différent, si l'on pourrait sans inconvénient faire servir le même barreau aux deux ordres d'expériences. C'est, dans tous les cas, de cette manière, qu'il faudrait débuter, quitte à simplifier les opérations et diminuer le nombre des essais et la dépense d'après les

indications obtenues. Personne, je crois, ne contestera l'utilité de réserver deux échantillons dont l'un serait soumis à l'analyse et l'autre servirait à la détermination de la densité; puisque ce sont ces données qui fixent le type du métal auquel s'appliquent les résultats obtenus, tant sur la dilatation que sur les chaleurs spécifiques.

Par surcroît de précaution et pour tenir compte du coefficient d'erreur souvent attaché à la personne de l'expérimentateur, il faudrait prendre soin d'affecter un opérateur différent à chaque espèce d'expériences et toujours le même pour chacune.

33. — Dans l'état actuel des données expérimentales, c'est à cela que doit se borner tout ce que l'on peut dire sur cette question ainsi que sur celle des chaleurs spécifiques et des volumes moléculaires, qui sont appelés à prendre une place considérable en mécanique, en physique et en chimie. Et l'on peut dire que c'est à *l'hypothèse* que l'on est redevable de l'état pitoyable où elles nous ont été transmises par les premiers expérimentateurs; à *l'hypothèse* poussée à cet état d'engouement que Petit et Dulong l'ont préférée à la vérité, *à la réalité des faits constatés par eux-mêmes*, ainsi qu'on l'a vu ; et qui leur disait nettement, hautement, qu'il y avait à chercher et déterminer pour chaque corps, avant tout, la loi des évolutions de leurs chaleurs spécifiques et parallèlement celles des évolutions de leurs dilatations. C'est bien cela, en ce qui concerne les chaleurs spécifiques, ce que signifie l'épigraphe en tête de ce chapitre due à M. Berthelot, un des rares savants, à ma connaissance, ayant compris la portée de la chaleur spécifique et son importance en thermochimie. Mais le célèbre chimiste, n'ayant pas reconnu l'existence de la chaleur comme un être réel, une force fluidique, et s'étant rallié, sous ce rapport et celui de la constitution moléculaire des corps, *aux hypothèses* des mécaniciens dont j'ai montré le néant, ne pouvait guère dépasser cette vue générale exacte, et il semblerait intuitive de la question. Aussi après l'avoir exprimée, n'en est-il plus fait mention, autant qu'il m'en souvient, qu'à l'occasion *des rapports entre les chaleurs spécifiques dans l'état solide* et la composition chimique (paragraphe 3, même volume, page 472) où il s'agit de vérifier l'exactitude de l'énoncé primitif de la prétendue loi de Dulong et Petit [1]. A ce pro-

1. Les poids atomiques de tous les éléments chimiques solides ont la même capacité pour la chaleur.

pos, il annonce qu'il emploiera particulièrement les nombres calculés d'après les expériences de Regnault entre 10 et 100° et d'après celles de Kopp, entre 20 et 45° et il ajoute : « *Il serait préférable de raisonner sur la fonction même qui exprime les chaleurs spécifiques élémentaires. Mais l'état de nos connaissances n'est pas assez avancé pour permettre de discuter ainsi les chaleurs spécifiques des corps;* soit en les exprimant par une *formule générale empirique,* telle que $A + Bt + Ct^2$, ou mieux, par *quelque formule théorique;* soit en les rapportant à des valeurs limites, telles que celles qui devraient exister au voisinage du zéro absolu. »

Cette vue complémentaire de la question, esquissée dans la partie mise en épigraphe, se rapporte évidemment, dans la partie soulignée ci-dessus, à la recherche des lois des évolutions des chaleurs *spécifiques vraies* des corps. Et, jusque-là, elle est tout à fait correcte. Mais elle ne l'est plus quant à la manière de procéder pour la poursuivre (formule empirique d'une forme déterminée, ou formule théorique) ; et elle l'est encore moins, quant au parti que l'on peut en tirer, l'usage qu'on doit en faire. Car ici, M. Berthelot tombe dans l'erreur déjà commise par Petit et Dulong en proposant, purement et simplement de substituer, au produit $P \times C$ déjà connu, un autre tout aussi arbitraire dans lequel C aurait été pris à un autre degré de l'échelle des évolutions calorifiques des corps.

Je l'ai montré déjà, de tels rapprochements n'ont ni signification possible, ni utilité à aucun point de vue. La seule chose qui importe et qu'a entrevue M. Berthelot, c'est de connaître la capacité calorifique *totale* des corps aux températures variables où leurs combinaisons s'effectuent; car ce n'est pas une chaleur spécifique élémentaire quelconque même celle de la température à laquelle a lieu la combinaison qui entre en jeu, exécute sa fonction puis s'échappe, dans la réaction ; mais une somme plus ou moins considérable de ces mêmes éléments variables, que j'ai appelés *aires calorifiques,* pour la facilité du discours et rappeler le procédé géométrique par lequel on l'obtient. C'est de cette chaleur spécifique totale, de sa facilité à s'échapper des corps, en raison de leur structure moléculaire que dépendent leur aptitude à se combiner et le nombre de combinaisons qu'ils peuvent former. On voit par là, que les lois des aires calorifiques des corps, faisant connaître cette quantité totale pour chacun, indiqueront quels sont les corps les plus aptes à former des com-

binaisons et à libérer, pour les besoins de l'industrie, la plus grande quantité de chaleur. Elles indiqueront également, par différence, ce qu'ont dû perdre deux corps primaires pour passer à l'état de minerai ; et ce qu'il faut restituer à celui-ci pour ramener les constituants à leur état primitif. Cette dernière quantité, comparée à celle dépensée par l'industrie pour arriver à ce résultat, permettra de juger, pour la première fois, de la valeur économique du procédé employé. Les mêmes lois rectifieront certaines erreurs plus ou moins connues des ingénieurs sur le pouvoir calorifique du charbon et de l'hydrogène. Elles feront connaître par exemple que ce dernier corps, malgré ce que l'on trouve dans les traités de physique, n'a qu'une faible part, comparativement à l'oxygène, dans la chaleur fournie par leur combustion ; et que le charbon, loin d'en céder, en absorbe surtout pour passer à l'état d'oxyde de carbone ; que les acides doivent leurs facultés actives, entre autres, celle de brûler (non au figuré, mais au propre) à la quantité considérable de chaleur conservée par les molécules gazeuses condensées qu'ils renferment, comme le chlore dans l'acide chlorhydrique, l'oxygène dans les acides azotique et chlorique, etc.; ce qui fait que ces corps exercent sur les composés organiques une véritable action *pyrogénée polymérisante* que l'on croit toujours n'appartenir qu'à l'action directe d'un foyer ; tandis qu'elle appartient non seulement aux acides, mais encore à des gaz comme le chlore et aux autres corps halogènes que leur structure particulière rend moins apte à retenir leur chaleur de constitution que d'autres corps comme l'azote. Ce qui explique pourquoi l'éthylène, dont la composition réelle est $C^2 H^2$, attaqué par le chlore devient $C^4 H^4$, et s'adjoint Cl^2 : phénomène de la plus haute importance en chimie organique, qui n'ayant pas été compris, faute de connaître l'état calorifique réel des corps, a conduit tous les chimistes à doubler les poids de tous les hydrocarbures ; et ceux de l'école moderne, mus en outre par leur foi aveugle dans la prétendue loi des chaleurs spécifiques de Petit et Dulong, à doubler presque tous les poids de la chimie minérale. Ce qui leur permet d'écrire triomphalement, mais provisoirement, sans doute, tous les chlorures minéraux ou organiques sous la forme générale Cl^2. A.

34. — Cette manière de constituer la notation chimique, en dehors des principes révélés par l'expérience aussi clairs qu'incontestables, par des tâtonnements successifs destinés à concilier, tant bien que mal, des vues théoriques fausses avec des lois qui ne sont pas plus vraies, est le triom-

phe de *l'hypothèse*. Il est grand temps que la connaissance véritable des chaleurs spécifiques et du rôle de la chaleur dans les combinaisons chimiques vienne mettre un terme à tous ces débordements de la spéculation. Aussi ne saurait-on trop louer M. Berthelot du temps qu'il consacre à la calorimétrie et à la thermochimie qui, dirigées dans la véritable voie que l'éminent chimiste paraît avoir entrevue, assureront ce désirable résultat. Malheureusement une tendance générale chez l'homme et à laquelle les savants n'échappent pas plus que les autres empêchera peut-être pendant longtemps ce progrès de s'accomplir : c'est le préjugé que la science ne peut marcher sans hypothèse et sans théorie ; préjugé qui n'existe que parce que, sous l'empire de la susdite tendance, les choses ne se sont jamais passées autrement ; et que l'on ne s'est pas suffisamment rendu compte des conséquences du monstrueux accouplement des faits et des hypothèses. Il faut bien le reconnaître, cependant, à l'état aigu, comme celui dont Petit et Dulong ont été affectés, et qui se rencontre souvent, *on sacrifie le fait à l'hypothèse.* Dans des cas moins graves, elle cache, aux yeux des plus clairvoyants, la voie à suivre pour arriver à la vérité et à l'établissement des lois naturelles et positives.

Tel est le cas de Fresnel dont j'ai mis une opinion en forme d'épigraphe en tête de mon introduction, non pour y donner une adhésion complète, mais pour montrer que si l'habile mathématicien et physicien avait bien vu que pour jeter un grand jour sur la chimie, il fallait découvrir les principes de la mécanique moléculaire, c'est-à-dire la connaissance de jeu des forces et de l'objet auquel elles s'appliquent ; il avait eu tort de croire que cela dépendait de *l'hypothèse* que l'on adopterait *sur la nature de la lumière et de la chaleur*. Suivre cette voie, c'était, de propos délibéré, rompre ouvertement avec l'expérience. Ce qu'il fallait faire ; c'était, au début, repousser toute hypothèse et toute théorie, et chercher à déterminer expérimentalement la *nature réelle de la lumière et de la chaleur*. J'entends, par là, juger si l'on avait à faire à des êtres objectifs réels, en quoi ils différaient entre eux et de la substance des corps ; ce qui ne présente pas plus de difficultés que la détermination de la nature des gaz invisibles. Procéder autrement est une véritable aberration mentale destinée à jeter les savants des âges futurs dans un stupéfiant étonnement. Fresnel eût été mieux avisé de dire : « *On voit combien la connaissance que l'on peut et doit acquérir expérimentalement* SUR LA NATURE DE LA LUMIÈRE

ET DE LA CHALEUR *aiderait à comprendre le rôle qu'elles remplissent dans les actions chimiques ; et combien il importe de ne pas se méprendre sur la véritable interprétation des faits, par l'influence pernicieuse de l'hypothèse et d'une théorie prématurée, pour arriver enfin à la découverte des principes de la mécanique moléculaire, dont la connaissance jetterait un si grand jour sur la chimie.* »

Si M. Berthelot, qui, en sa qualité de chimiste, doit être, avant tout, l'homme du fait et de l'expérience, accepte la modification que j'ai fait subir au texte de Fresnel; s'il se sent la force de secouer le joug des hypothèses et des théories prématurées ; si la lecture de ce travail l'a convaincu que *l'état actuel de la science* ne l'empêche plus de se livrer aux déterminations fondamentales qu'il a énoncées, dont il doit comprendre l'extrême importance, *et qui doivent avoir le pas sur toutes les autres* et qu'il s'y livre sans retard, il ajoutera un service signalé à ceux considérables déjà rendus par lui à la science dont il est un des représentants les plus élevés.

35. — En résumé, je crois avoir montré par cette première étude, envisagée au point de vue le plus général, que la science dont l'homme a quelque raison d'être fier, a néanmoins le tort grave de se laisser envahir de plus en plus par des hypothèses et des théories malencontreuses. Ainsi que je l'ai fait remarquer au paragraphe 13, cette situation est due au fait de l'avance toute naturelle prise par les sciences mathématiques sur les sciences d'observation. On peut encore l'attribuer à cette prétention qui s'est fait jour assez souvent, une série de phénomènes ayant été reconnue, de n'admettre, comme définitive, pour les relier, aucune interprétation si parfaite et si logique qu'elle fût, que si elle les embrassait tous; sans réfléchir que cette condition pouvait ne pas être remplie parce qu'il manquait à l'interprétation elle-même quelque détail supplémentaire; ou parce que certains phénomènes auraient été mal ou incomplètement observés ; ou enfin, parce qu'il y a des choses qui dépassent les limites de notre entendement, comme il y a des phénomènes qui échappent à notre perception et pour lesquels il nous faudrait des *sens supplémentaires* pour combler les lacunes qui existent entre nos appareils sensitifs. Il faut encore ajouter, comme ayant largement contribué à pousser les savants dans cette voie, l'absence, au moins apparente, de toute préoccupation de s'assurer d'un criterium leur permettant de se prononcer sur la réalité objective d'une exis-

tence quelconque, sans la subordonner à une *matérialité* dont les caractères distinctifs différentiels leur étaient inconnus ; et enfin l'attention médiocre ou nulle donnée par eux à la notion exacte de la loi et de ses conséquences. Par contre, ils avaient pour se garer des entraînements le grand exemple de Lavoisier, qui, par une méthode infaillible entre les mains de l'esprit le plus pénétrant et le mieux pondéré qui fut jamais, donna aux sciences physiques le caractère positif qu'elles n'ont pas toujours conservé ; et qui, en particulier, avait reconnu que l'on devait tenir un compte égal, dans les analyses, de la substance des corps et de celle de la chaleur. Malheureusement, Lavoisier ravi à la science par la tourmente révolutionnaire, laissa le champ libre à des hommes éminents sans doute, mais moins prudents, moins rigoureux dans leurs déductions ; les uns, entraînés par la spéculation mathématique de Laplace ; les autres, par la spéculation métaphysique de Locke. La théorie de la formation du système solaire du grand mathématicien enflamma ses successeurs d'une ardeur si grande, qu'ils y virent une explication complète du monde où il n'entrait que la matière et le mouvement et de laquelle l'*hypothèse* d'une puissance créatrice était exclue comme inutile. Et cependant, il n'était pas difficile de s'apercevoir que cette conception des choses, à supposer qu'elle fût exacte dans la partie importante mais relativement restreinte qu'elle envisageait, ne comprenait pas le *commencement du monde phénoménal actuel;* qu'il y manquait des choses essentielles : la formation des éléments moléculaires dont il est composé, les lois et les forces qui s'y rattachent inévitablement, l'impulsion primitive, etc. A cette première réaction de l'esprit spéculatif contre la vraie méthode expérimentale (1796) vint s'ajouter bientôt (1798) une méthode hybride trompeuse, où des expériences bien faites, sont interprétées au rebours de leurs indications les plus positives. Ce sont celles d'où Rumford et Davy, pénétrés de la théorie de Bacon et de Locke, qui avaient considéré la chaleur comme n'étant que le résultat direct ou indirect sur nos sens des vibrations des dernières parties de la substance des corps[1], conclurent que la *chaleur, n'étant pas matérielle*, n'avait aucune existence réelle ! Cette conclusion dont les savants, si dédaigneux en général des métaphysiciens[2], n'aperçurent pas le caractère métaphysique et peu pratique

1. Voir le livre de M. Tyndal traduit par M. l'abbé Moigno : *La chaleur considérée comme un mode de mouvement*, p. 25 et 51.

2. Et à tort selon moi, car les métaphysiciens comme les savants ont du bon et du mau-

s'établit bientôt, grâce à la situation des esprits, comme une *vérité expérimentale indiscutable*. Elle fut la cause de l'avènement ou du développement de toutes les théories bientôt dominantes qui introduisirent dans les sciences et les esprits l'incohérence et la contradiction; par la raison très simple que l'on n'est pas encore parvenu et qu'on ne parviendra jamais à remplacer une *force fluidique élémentaire, universelle, véritable* aveuglément niée, par un fluide hypothétique *passif*, l'éther, entraînant, par cette passivité, l'hypothèse contradictoire de l'*automobilité* des molécules en même temps que l'*inertie mécanique évidente* des corps dont elles font partie. Je passerai rapidement en revue, pour terminer, quelques-unes de ces théories principales et fondamentales du système régnant que j'ai déjà réfutées, mais qui peuvent être présentées sous un jour plus particulièrement propre à faire ressortir les contradictions signalées et conduire à une conclusion générale utile à établir.

La théorie de Fresnel ayant en vue de remplacer par les ondulations d'un fluide passif hypothétique l'*émission d'un fluide réel*, c'est-à-dire son mouvement de translation auquel on pouvait ajouter tel autre mouvement secondaire propre à rendre compte des quelques phénomènes d'optique inexpliqués, aboutit non seulement comme on l'a vu, à lui supposer un *mode vibratoire différent de celui du son*, ce qui a été montré expérimentalement faux (paragraphe 5); mais de plus à cette absurdité : que la lumière *produite n'aurait pas d'ombre*. M. Tyndal rapporte, à ce propos, que l'objection qu'il considère comme très forte, avait été opposée par Newton à ses détracteurs, mais qu'elle avait été réfutée. Je le crois aisément, si comme le lui fait dire le physicien anglais, Newton aurait formulé son objection, sous cette forme : qu'une *onde qui s'écoule s'épand sur toutes les ànfractuosités de la rive*. Il s'agit, ici, d'un phénomène d'un ordre différent de celui de l'onde observée à la surface d'une eau tranquille, se rattachant plutôt à l'équilibre des liquides dans deux vases communiquants, et qui, par conséquent, ne répond pas à la question. Mais tel n'est pas le cas de l'expérience citée au paragraphe 5 dont j'attends tranquillement la réfutation.

vais. Des uns, comme des autres, il faut en prendre et en laisser. C'est une question de discernement. A mon sens le métaphysicien est l'homme de la dialectique, des observations subjectives. On peut se reposer sur eux quand ils sont en possession des véritables éléments d'une discussion. Mais il faut s'en défier dans les questions de physique expérimentale encore discutées par les praticiens modernes et *a fortiori* dans celles qui se rattachent à la physique du seizième et du dix-septième siècle.

L'invention de la constitution sidérale des corps, que j'ai déjà discutée, a été la conséquence forcée du remplacement de la force fluidique réelle par l'hypothèse métaphysique d'un mouvement vibratoire des dernières parties de la substance des corps et du fait que le choc de deux corps produit des vibrations accompagnées de chaleur[1]. Or pour que les molécules pussent se choquer, comme on a imaginé qu'elles le faisaient dans les combinaisons, *il fallait qu'elles fussent éloignées les unes des autres*. Tout semblant aller pour le mieux jusqu'à ce point, on s'y est arrêté. Mais il fallait pousser plus loin et se demander, quel était le résultat de la combinaison dans le système sidéral. Ce résultat consiste purement et simplement dans un nouvel arrangement à *distance des molécules constituantes*, arrangement dont j'ai cité deux exemples caractéristiques paragraphe 8; s'il en est ainsi, le choc des molécules est une superfétation inadmissible, car les molécules peuvent prendre des arrangements nouveaux sans s'entrechoquer. Il n'y aurait donc, dans les combinaisons ainsi envisagées, aucun choc, aucun mouvement vibratoire moléculaire calorifique ayant cette origine; même pour les gaz dont les molécules supposées plus éloignées étaient censées recevoir un choc plus énergique expliquant la chaleur relativement plus considérable qui accompagne leurs combinaisons. Si, malgré tout, on concède aux inventeurs, des chocs inutiles, ils n'en seront que plus embarrassés de l'explication qu'ils ont donnée d'un autre phénomène très important qui ne doit d'avoir été acceptée, que parce que l'on s'est gardé ou que l'on a oublié de la rapprocher du cas qui précède. En effet, quand il s'est agi de rendre compte du fait que les gaz exercent sur les parois des capacités qui les contiennent des pressions égales, on a eu de nouveau recours au choc des molécules les unes contre les autres et à leur rebondissement contre lesdites parois; c'est-à-dire à un *mouvement chaotique perpétuel produisant des actions mécaniques régulières !* ce qui, tout d'abord, pour un logicien, flaire singulièrement l'absurdité. Mais il y a plus; si les molécules des gaz, en se combinant, dégagent une si énorme quantité de chaleur *par un choc accidentel et presque instantané*, que doit-il advenir du *choc perpétuel* des mêmes molécules chargées par nos théoriciens d'exercer leur pression contre les parois de leur récipient? Une chaleur encore plus consi-

1. Cela est vrai, mais ainsi que dans le frottement, ce n'est qu'un fait *secondaire et accessoire* et nullement *initial*. Ce dernier doit toujours émaner d'une force intelligente douée de la faculté automotrice. Ce qui n'est pas le cas, ni des corps, ni des molécules dont ils sont composés.

dérable et qui sait, peut-être la fusion, la volatilisation de ce récipient! Je n'ai pas besoin de dire que rien de pareil ne se produit. Car le choc auquel on a eu recours pour deux fins différentes n'a aucune raison d'être, ni dans l'un ni dans l'autre cas. Son admission admise fort légèrement ne pouvait donc aboutir qu'à des résultats absurdes ou contradictoires. C'est le cas, d'ailleurs, de toutes les théories formées d'un amalgame d'hypothèses et de faits plus ou moins bien observés, rarement contrôlés et en nombre aussi restreint que possible; un fait solidement établi étant d'une digestion difficile pour les frêles théories des savants qui ont manifestement *lâché la proie pour l'ombre* : la chaleur et ce qui s'ensuit, pour l'éther et ses mésaventures.

En effet, après les théories principales qui précèdent et en lesquelles réside, à proprement parler, le véritable fondement du système dit matérialiste, viennent celles sur l'électricité sous toutes ses formes, le magnétisme et certaines actions chimiques qui ajoutent à la même incohérence que les précédentes le *mysticisme* des actions par *influence*, par *induction*, par *présence*, et qui, depuis quatre-vingts ans, ont dû contribuer, pour leur bonne part, à fausser le jugement des générations qui se sont succédé[1]. Que l'on prenne, par exemple, la théorie de la machine classique de Ramsden basée, comme chacun sait, sur l'*électrisation par influence*, et qui résume en elle toute la théorie de l'électricité statique; et si l'on parvient, par un vigoureux effort à dégager son intelligence des limbes dont les professeurs de physique l'ont enveloppée, on arrivera à cette conclusion : que si l'on peut empêcher l'électricité dite négative du plateau de verre, de s'écouler dans le sol, elle devra se recombiner incessamment avec la positive dont le frottement l'avait séparée, et empêcher, par conséquent, celle-ci de décomposer *par influence*, l'électricité naturelle du conducteur métallique et de

1. Ce résultat est d'autant plus sûrement atteint que l'on farcit l'esprit des enfants de livres où l'absurde le dispute au ridicule; où on leur apprend à se défier de l'expérience et de la raison. Ce qui les prépare admirablement au régime des hypothèses où l'art de *déraisonner* prend un caractère scientifique qui inspire une certaine sécurité à ceux-là mêmes qui le pratiquent; et les attache aux fausses doctrines, par des liens encore plus solides que ceux de la foi. Aussi les discussions sur quoi que ce soit n'ont pas de fin; parce qu'on les aborde sans principes et sans méthode; et que l'on n'y voit qu'une occasion d'opposer l'hypothèse à l'hypothèse, d'exposer ou défendre un point de vue ou un intérêt particulier; parce que l'on attaque au lieu de se défendre; parce que l'on parle à côté des questions en éludant ce qui pourrait les éclaircir; parce que, enfin, sous le règne incontesté de l'hypothèse, on perd le sens réel des choses et que l'on arrive à préférer l'hypothèse au fait, comme Petit et Dulong et bien d'autres. C'est le chaos scientifique qui s'ajoute au chaos religieux et politique pour semer de plus en plus la division dans les esprits et préparer la dissolution sociale.

mettre en liberté l'électricité positive de ce dernier en se combinant avec la négative. Or rien n'est plus simple que de réaliser les conditions d'une telle expérience. Il suffit de mettre les pieds de la table de la machine dans quatre grands verres bien secs à fond plat qui peuvent isoler une chaise aussi bien que la planche d'un tabouret est isolée par ses pieds en verre. Cela fait, on enlève la chaîne qui met l'axe de la roue en communication avec le sol, on monte sur un tabouret isolant, on tourne la manivelle et l'on tire tout autant d'électricité de la machine que si l'on avait opéré avec la plus scrupuleuse orthodoxie. J'ai publié cette observation en 1861 [1], en montrant, par surcroît, que l'électricité, qui apparaissait sur le conducteur, n'était autre que le fluide mécanique dégagé des muscles du bras qui manœuvrait la manivelle, et qui était amené par le frottement spécial du verre à cette manière d'être appelée, *électricité statique*, et qui doit être le fluide élémentaire animé d'un mouvement *giratoire comme celui d'une toupie*, ce qui explique les effets de répulsion observés.

J'ai prêché dans le désert; car l'on continue, comme par le passé, dans les traités élémentaires de physique les plus récents, à rééditer la vieille théorie de la machine de Ramsden que l'on étend aux machines nouvelles comme celle de Holtz où son absurdité éclate encore davantage; et en déclarant (Ganot p. 617, 18e édition) ainsi que le faisait Pouillet en 1856 (V. 1, p. 579 et 580) *que l'on ignore la cause de l'électricité développée par le frottement*. Et c'est pourquoi toutes les théories, filles de cette ignorance endurcie, sont muettes sur le chapitre de la véritable interprétation à donner aux phénomènes.

En me relisant, j'ai vu avec regret que je n'ai pu me défendre d'une certaine rudesse dans l'appréciation des erreurs commises et enseignées, et de l'obstination avec laquelle on s'y cramponne. On le pardonnera, je l'espère, à la sincérité et à l'ardeur de mes convictions, à un amour absolument désintéressé pour la science et pour l'intégrité intellectuelle des nouvelles générations d'où dépend l'avenir du pays; et enfin au désir bien naturel de voir toutes les volontés s'unir pour extirper de la science les graves erreurs et contradictions qui la déparent, et marcher d'accord à la recherche de la vérité par la même méthode expérimentale qui comprend les expériences et observations et leur traduction en lois naturelles et positives. J'espère avoir réussi

1. *Essai sur l'identité des agents qui produisent le son, la chaleur, la lumière, l'électricité*, etc.. p. 123. Lacroix, rue des Saints-Pères.

à montrer que l'antagonisme entre les savants et l'incertitude qui règne encore dans les sciences physiques sur les points fondamentaux, ont, pour principale cause, la méconnaissance *de l'existence réelle de la chaleur, force universelle, élémentaire, intelligente chargée de l'exécution des lois naturelles positives*. On a dû remarquer combien cette vérité aussi éclatante que nécessaire étant reconnue, tout ce qui est embarrassé, contradictoire, obstructif dans la science devient clair et fécond. Les forces fluidiques réelles, mises de côté pour un fluide passif, hypothétique par lequel on croyait tout expliquer et qui n'explique rien, reprennent leur rang avec d'autant plus d'autorité que la *notion de fluide* qui n'avait jamais été approfondie, où l'on voyait du mystique et du surnaturel, dont, sans dire pourquoi, on exceptait l'éther, prise corps à corps dans sa réalité, devient la chose la plus naturelle et la plus générale du monde. Qu'est-ce, en effet, qu'un *fluide?* C'est en s'arrêtant à sa véritable origine latine : *tout ce qui est capable de s'écouler*. Or, on a vu que cette faculté appartient à tous les corps, *même solides*. A la vérité, dans ces derniers, la fluidité n'existe qu'à un faible degré dans les circonstances ordinaires de température et de pression. Mais l'expérience montre que soit chimiquement, soit physiquement, les solides peuvent acquérir le degré de fluidité et même l'invisibilité que possèdent les gaz, par exemple. Est-ce que le carbone n'est pas un fluide invisible dans l'acide carbonique, l'oxyde de carbone et un nombre considérable de composés de la chimie organique ? Est-ce que de nombreux métaux alliés à l'éthyle ne deviennent pas des liquides transparents susceptibles de se vaporiser ? Est-ce qu'ils ne peuvent pas tous passer directement à ce même *état fluide* par sublimation ou volatilisation calorique ou électrique ? Seulement, il convient de faire remarquer que c'est par l'effet de la chaleur ; c'est-à-dire de la force élémentaire universelle dont la fluidité, au plus haut degré possible, et l'invisibilité, quand elle ne vibre pas, forment l'état constant. Rien de plus naturel, par conséquent, qu'elle communique aux molécules une manière d'être qui ressemble plus ou moins à la sienne. D'où il apparaîtrait que ce qui distingue la *force fluidique de la molécule des corps*, c'est que celle-ci ne possède la fluidité qu'à titre d'emprunt, accidentellement et à des degrés variables et relativement faibles; tandis que l'autre la possède d'une manière permanente comme une qualité qui lui est propre, exclusive, en y ajoutant la faculté automotrice et tout ce qu'il lui faut pour exécuter les lois des rapports des choses ou phénomènes.

Mais pour terminer et compléter cette distinction, il est indispensable de jeter un dernier regard sur la molécule primaire telle qu'elle a été définie au chapitre premier, en faisant remarquer que, lorsque la chaleur se retire de cette molécule ou doit y rentrer, celle-ci *se contracte* dans le premier cas et *oppose* dans le second une *résistance* à l'effort tendant à augmenter son volume. Il est impossible de ne pas reconnaître, dans cette simple énonciation, des *actes* qui appartiennent aussi à une *force*, ou, dans l'espèce, à un *groupe de forces*, puisque la molécule est composée d'un nombre plus ou moins considérable de parties. Mais il semblerait qu'il s'agit, cette fois, de forces d'un ordre inférieur, eu égard à la fonction relativement très simple et toujours la même qu'elle exécute et d'où est absolument exclue l'*automobilité*, le mouvement de translation; à moins que, suivant les anciennes cosmogonies, il ne s'agisse de forces pareilles aux autres, condamnées, pour cause de rébellion, au *carcere duro* éternel de la molécule des corps; ce que je ne me permettrai pas de décider, tenant d'ailleurs comme suffisante, pour la science, la dernière notion qui vient d'être dégagée du grand domaine de l'inconnu.

J'espère que les deux partis scientifiques qui se disputent la possession exclusive de la vérité sur les questions fondamentales de toutes les sciences, trouveront, dans la synthèse à laquelle aboutit sans effort l'interprétation des faits exposés dans cette étude, un terrain de conciliation. Les uns trouveront dans la substance des corps, que l'on pourra continuer à appeler *matière*, une certaine *virtualité* qu'ils avaient exagérée, généralisée, sans s'inquiéter ou s'apercevoir des contradictions qu'elle faisait naître. Les autres auront peu de peine à concéder l'existence d'un dualisme qui existe, en fait, entre une substance des corps qui n'est autre que la force enchaînée ou à l'état le plus rudimentaire possible, et les *forces automobiles*, agents universels de tous les phénomènes chimiques, physiques, mécaniques, astronomiques, ainsi que des phénomènes physiologiques. Mais dans ce dernier cas, il faut reconnaître, par surcroît, des forces supérieures directrices des fonctions organiques, revêtant évolutivement des enveloppes organiques correspondant à des fonctions variables et se mouvant les unes dans un cycle fermé, les autres dans un cycle ouvert où l'on ne peut les concevoir logiquement que comme s'élevant incessamment, par la connaissance, dans la hiérarchie des êtres.

A une certaine hauteur dans cette série, on doit rencontrer la force

directrice automobile qui a pour enveloppe temporaire la forme humaine à laquelle elle a dû arriver, dans la suite des temps, par des évolutions nombreuses qui lui ont fait connaître la vie et les phénomènes extérieurs par degrés insensibles. Cette interprétation, à mon sens, remplacera le système d'aptitudes innées qu'on attribue à l'*hérédité*[1]; car les faits observés, pour arriver à cette conclusion, ne manqueront pas quand on voudra bien les voir et les interroger. En tous cas, dans ses investigations du monde où elle se meut, cette force intelligente soumet la reconnaissance objective des êtres qu'elle rencontre à certaines conditions nécessaires que l'expérience lui a enseignées et qui consistent à exiger d'eux un certain nombre d'impressions sensitives. A l'aide de celles-ci, elle établit des distinctions, des classifications et en trouve les lois. Elle acquiert ainsi une notion de plus en plus positive, plus claire, plus simple, des choses et de leur enchaînement. Elle s'étonne d'abord, et se trouble même au spectacle des phénomènes ; puis ensuite elle comprend et admire les effets merveilleux qu'une puissance intelligente infinie a su tirer des combinaisons sans nombre qu'elle a réalisées avec un seul élément. Lorsqu'elle en est arrivée à ce point, faisant un retour sur elle-même, elle s'aperçoit qu'elle ne s'est pas demandée le passeport qui devait la ranger dans les existences réelles. Mais elle le trouve dans la série même des existences reconnues où elle vient se ranger tout naturellement, et dont elle se différencie par le fait qu'elle se reconnaît posséder à un degré relativement élevé, l'attribut le plus noble de la force intelligente, *la pensée*. Elle peut alors, mais alors seulement négliger en apparence les autres attributs qui lui appartiennent plus particulièrement en commun avec les autres êtres organisés ; et, pour s'en distinguer, proférer cette déclaration prématurée et ambitieuse sous la plume de Descartes eu égard à l'état des sciences physiques et physiologiques de son temps. *Puto ergò sum?* Car on n'arrive à penser qu'après être entré en possession d'un nombre suffisant d'acquisitions expérimentales. Ce qui revient à dire, que la véritable philosophie a pour point de départ pratique et nécessaire les *sciences d'observations*. D'où il résulte que si l'on a senti, à une certaine étape assez avancée des sciences d'observation, la nécessité de leur donner un point de départ commun, soit par exemple *une idée juste de la constitution moléculaire des*

1. Mot provisoire qui ne dit rien de plus que l'affinité, l'attraction et le pouvoir dormitif de l'opium et qui doit être aussi remplacé par celui qui exprime un *être réel*.

corps, il fallait la chercher dans les faits et les suggestions les plus directes des sciences physiques modernes ; et nullement dans l'opinion qu'en avait le chancelier Bacon (1561-1626) et le métaphysicien Locke (1632-1704) qui, bien que zélés propagateurs de la méthode expérimentale du moine Roger-Bacon (1214-1294), n'avaient et ne pouvaient avoir, des sciences physiques, que des notions rudimentaires.

NOTE, se rattachant à divers paragraphes de cette étude sur l'emmagasinement et le rôle de la chaleur dans les corps et notamment aux paragraphes 12 et 13. — Expérience de M. de Luynes sur la rupture d'une larme batavique dans une carafe d'eau. — Développement énorme de force mécanique qui en résulte. — Rapport de la structure du verre, dans ce cas, avec celle de l'acier trempé et notamment de l'acier trempé par compression, entre deux blocs métalliques. — Expériences de l'auteur.

Dans une conférence faite à la Sorbonne par M. de Luynes sur la trempe du verre, cet habile professeur a révélé à l'assistance un fait de physique qui n'a jamais été reproduit nulle part, à ma connaissance, bien qu'il ait une importance capitale au point de vue de l'emmagasinement de quantités considérables de chaleur dans les molécules, de leur emploi ultérieur comme force destructive, et des suggestions intéressantes que l'on peut en tirer à l'égard d'autres faits du même genre.

Chacun sait que si l'on fait tomber dans l'eau froide des gouttes de verre en fusion, il se forme des corps connus sous le nom de *larmes bataviques*, dans lesquelles le verre est à un état de tension tellement voisin de la séparation moléculaire, qu'il suffit d'en briser, avec une pince, la partie effilée comme une aiguille, pour provoquer la réduction de cette larme en poussière impalpable. Mais ce que l'on ignorait, c'est le phénomène suivant : Si, au lieu de briser la larme dans l'air, on effectue l'opération dans une carafe épaisse, pleine d'eau, entourée préalablement d'une serviette fortement serrée, cette carafe qui résisterait sans doute à 20 ou 30 atmosphères est brisée en éclats sans que l'eau en jaillisse ; ce qui montre que ce n'est point par l'intermédiaire de l'eau que l'effort brisant se transmet, mais directement par la chaleur emprisonnée.

Il me semble que cette expérience jette un certain jour dans le phénomène qui se passe dans la trempe de l'acier. Dans ce cas, comme dans celui de la larme batavique, il y a emmagasinement d'un supplément plus ou moins considérable de chaleur conservée, sans doute, à la faveur de la couche diamantine qui tend à sortir du barreau et que la trempe saisit et arrête à sa phériphérie. C'est cette chaleur supplémentaire que l'aimantation, par la double touche ou par le solénoïde, appelle et fixe aux extrémités du barreau. Mais il doit en résulter un certain affaiblissement du barreau par la raison que toutes les molécules saisies par le refroidissement doivent tendre à se constituer plus ou moins suivant leur situation périphérique ou centrale et la rapidité du refroidissement à l'état de

molécules à peu près isolées dont la plupart des spires caloriques se fermeraient sur elles-mêmes dans chacune, de manière à n'en laisser qu'un nombre restreint employé à l'acte de coërcition qui unit les molécules entre elles. C'est ce que semblent confirmer quelques expériences que notre collègue, M. Fouquet, m'a obligeamment autorisé à faire à l'usine des Batignolles (anciens ateliers Gouin et Cᵉ). J'ai, en effet, soumis à la rupture par effort transversal deux barreaux d'Allevard de un centimètre d'épaisseur et deux de largeur posés à plat sur des appuis éloignés de vingt centimètres ; l'un en acier doux, l'autre en acier trempé à l'huile. Le premier a cédé sous une charge de 1,300 kilogrammes environ, le second sous une charge de 800 kilogrammes seulement. Un troisième barreau, trempé par compression par le procédé Clémandot n'a offert qu'une résistance de 240 kilogrammes. Cet affaiblissement extraordinaire du métal qui se présente invariablement, paraît-il, et qui d'ailleurs n'a aucun inconvénient pour les usages auxquels on le destine, s'explique très bien.

En effet, dans ce mode d'opérer, les barreaux sont serrés entre deux blocs métalliques froids ayant une faculté conductrice beaucoup plus grande que tous les liquides dont on se sert généralement pour la trempe ordinaire. Il s'ensuit que l'effet de la trempe Clémandot s'étend rapidement jusqu'au centre de la pièce et en répartit plus également l'effet, d'ailleurs plus intense, sur toutes les molécules. Celles-ci se constituent donc, d'une façon plus approchée et plus complète, à l'état d'indépendance de celles des larmes bataviques ; et ne peuvent plus constituer que des barres extrêmement fragiles.

En ce qui concerne l'état de tension moléculaire particulier aux larmes bataviques dont il a été question au commencement de cette note et qui se rencontre à un plus faible degré dans l'acier trempé, il faut entendre cet état limite décrit dans le paragraphe 13 et dans lequel la chaleur qui unissait les molécules à l'état solide par un échange et un entrecroisement des faisceaux en lesquels elle se divise alors, revient en grande partie avec la chaleur additionnelle, à l'état de cycle fermé dans chacune des molécules ; de manière que celles-ci ne sont plus rattachées entre elles que très faiblement, ce qui correspond, ainsi qu'on l'a vu, aux états solides et liquides. Le refroidissement intervenant alors brusquement ne ramène la liaison solide, avant la fusion, que dans les couches extérieures, surtout dans le verre dont la conductibilité est très faible. Quant aux couches intérieures, elles ne sont guère qu'accolées et maintenues que par la première ; parce que la plus grande partie du calorique de leurs molécules reste plus ou moins à l'état de cycle fermé n'exerçant plus aucune coercition et pouvant dès lors subir facilement le déplacement particulier à l'aimantation.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

I. — Observations préliminaires sur la dénomination des lois dont l'auteur s'est occupé depuis longtemps et auxquelles se rattachent celles de la présente étude. — Elles sont appelées *naturelles et positives*. — Pourquoi ? — Procédé par lequel il est procédé à leur détermination.

II. — Raisons pour lesquelles il y a utilité à définir la *loi* d'une manière générale ainsi que la *force* qui s'y trouve étroitement liée. — Définition provisoire qui n'est autre que celle de Montesquieu rendue plus claire et plus précise ; utilité, avant de la compléter, de définir la *Force*.

III. — La *Force* n'appartient pas aux corps organiques ou minéraux. — Expérience d'où l'on conclut que tout mouvement d'un corps est dû à la *chaleur latente mécanique* qui y a été incorporée. — Divers exemples topiques de cette incorporation. — Digression sur le dernier exemple.

IV. — Réfutation de l'expérience de Rumford par laquelle ce savant a prétendu démontrer que la chaleur n'avait aucune existence réelle. — A quoi l'on reconnait une existence quelconque.

V. — Expérience unique montrant l'action *directe* de la chaleur sur les cinq appareils sensitifs et fournissant par conséquent le maximum des témoignages à l'appui de son existence.

VI. — La physique et la physiologie se réunissent pour fixer les esprits sur cette grave question et exiger que l'on substitue à l'interprétation *classique* de l'expérience du timbre résonnant dans le vide une interprétation beaucoup plus rationnelle. — Chaleur, électricité ; même force sous deux modes de mouvement. — Cause de l'éclat des flammes ou de la lumière sous quelque forme que ce soit, etc.

VII. — Observations générales sur l'exposition de l'électricité qui aux yeux de l'auteur restera scientifiquement stérile aussi longtemps que l'on n'aura pas reconnu dans la *chaleur*, dans ses diverses formes de mouvement, la force mécanique universelle élémentaire.

VIII. — Observations particulières, sur la même exposition, suggérées par cette reconnaissance. — Il faut chercher autre chose que la théorie de *l'induction* pour expliquer d'une manière sensée la transmission de la force d'une machine par l'électricité. — Le mode vibratoire de l'agent reconnu permet au contraire de prévoir d'autres résultats que ceux obtenus à l'exposition. — *Explication du radiophone*, etc. — Note sur le passage de la chaleur à l'état électrique et réciproquemment.

IX. — Les transformations de mouvements vibratoires, les uns dans les autres sont de l'ordre de ceux que nous rencontrons tous les jours sans que nous nous en soyons rendu compte. — Exemples. — Réflexions qu'ils suggèrent à l'égard de l'affirmation positiviste sur les prétendues propriétés des corps. — Observations sur le téléphone, le microphone et le phonographe.

X. — Caractère nécessairement fluidique de la force. — Observation à ce propos. — Expériences très simples d'où l'on déduit que la pesanteur et la gravitation sont dues à la chaleur. — Divers autres cas où la chaleur mécanique de mouvement emmagasinée produit une action mécanique ou se transforme en chaleur. — Explication de la chaleur trouvée par Davy dans son mécanisme d'horlogerie placé dans le vide et sur un bloc de glace et d'où il a conclu à tort que la chaleur n'existait pas. — Chaleur dans les actions chimiques. — L'auteur considère tout ce qui précède comme définissant suffisamment la chaleur comme force universelle élémentaire.

XI. — Comme quoi l'auteur n'est pas complètement isolé dans l'opinion qu'il entretient depuis longtemps sur la chaleur. — Opinion catégorique de Pouillet. — Comment l'auteur croit pouvoir en outre invoquer en sa faveur l'opinion de M. Dumas d'après le discours de l'illustre savant sur l'affinité et d'après les démonstrations précédentes qui résolvent la question dans le sens le plus général cherché par lui en donnant à l'idée newtonienne son véritable nom : *chaleur impulsive*.

XII. — Reprise de la définition de la loi. — Conséquences de la première définition sommaire vérifiées par l'examen qui précède. — Nécessité d'un législateur. — Création du monde phénoménal actuel résultant de la notion exacte de la molécule primaire. — Nécessité de la série pour que la loi ait sa raison d'être, inaperçue par Montesquieu, d'où l'erreur grave commise par lui à l'endroit de la divinité.

XIII. — Résumé en quelques mots de la notion supérieure qui se rattache étroitement à la notion exacte de la loi. — Coup d'œil jeté sur la période qui a précédé celle où a été formé le monde phénoménal actuel. — Monde abstrait des nombres, des figures, des formes, de leurs propriétés et des formules éternelles qui en expriment les rapports. — Formes préexistantes des lois. — Définition finale de la loi.

XIV. — La loi ainsi définie ne concerne au fond que les évolutions de la force universelle quand il ne s'agit que des phénomènes généraux ou particuliers, en dehors du monde animé. — Exemples divers. — Rôle restreint de l'homme vis-à-vis des lois. — Il doit les *chercher* et non les *inventer*. — Procédé à employer. — C'est celui indiqué au début de cette introduction. — Il importe au plus haut degré de ne pas le confondre avec la méthode d'*interpolation*. — Utilité de ces sortes de lois pour toutes les sciences en général, et pour la chimie, en particulier, eu égard à la situation où elle se trouve aujourd'hui du fait de la nouvelle école.

XV. — Coup d'œil général sur les forces pour compléter sommairement la notion qui la concerne, dans ce qui précède, en montrant, qu'à côté des forces élémentaires mécaniques intelligentes, il y a nécessairement toute une hiérarchie de forces directrices. — État de ces forces dans le système sidéral solaire, dans les végétaux, dans les corps vivants. — Conclusion définitive.

CHAPITRE PREMIER

CONSTITUTION MOLÉCULAIRE DES CORPS. LOIS DES VOLUMES MOLÉCULAIRES. LA CHALEUR DANS LES MOLÉCULES. — MÉCANISME DES COMBINAISONS.

1. — L'intitulé de ce chapitre indique les questions à examiner préalablement à celles relatives aux chaleurs spécifiques et aux dilatations. — Opinion de l'école positiviste sur l'existence de la molécule, refutée. — Poids et volume de la molécule. — L'existence nécessaire de la molécule tirée de la notion de la loi.

2. — Conséquences du fait de l'existence de molécules de poids et de volumes différents pour chaque corps : celle de l'existence d'une substance première commune à toutes les molécules pour les parties desquelles il convient de réserver le nom d'*atomes*. — Les molécules dites simples s'appelleront *primaires;* nom qui indique bien leur situation à l'égard des combinaisons appelées depuis longtemps *binaires*, *ternaires*, etc. — Comment on arrive à la notion que ces molécules sont dans les corps en *contact* les unes avec les autres. — Situation de cette notion constatée à l'égard des hypothèses admises en son lieu et place dans les théories mécaniques, physiques et chimiques. — Comment on peut concevoir que les atomes forment les molécules.

3. — Point de départ choisi pour continuer les investigations sur les molécules : *c'est le principe que toutes les molécules sans distinction ne sauraient être régies par une mécanique différente de celle des corps visibles.* — On en tire cette conséquence, que les molécules, pour satisfaire à la condition de s'écouler, doivent être *sphériques* ou tout au moins *polyédriques* — Second caractère des molécules résultant de la comparaison de deux d'entre elles ayant même volume et poids différent. — Elles sont *creuses.* — Importance extrême de cette notion au point de vue scientifique et philosophique. — Les molécules sont des édifices créés de toutes pièces en vue de phénomènes déterminés et de lois préconçues.

4. Système moléculaire sidéral procédant de Gassendi et du système cosmogonique où l'on n'admet dans l'univers que de la matière et du mouvement. — Réfutation de ce système. — Ces écarts et hautes fantaisies scientifiques viennent de l'avance prise par les mathématiques sur les sciences d'observations et de l'obligation de remplacer les faits par des hypothèses. — Les expérimentateurs doivent s'en tenir à la mécanique vulgaire et à la géométrie analytique qui suffisent pour l'établissement des lois positives. — Le temps de la mathématique transcendante n'est pas encore venu.

5. — Réfutation détaillée du système moléculaire sidéral. — Objections tirées du manque d'homogénéité des corps qui auraient des astres moléculaires centraux plus gros, plus chargés de chaleur que les autres, plus aptes aux combinaisons. — Impossibilité de faire d'un corps quelconque un récipient pour un autre, liquide ou gazeux. — Tous les corps seraient diaphanes. — Aucune cristallisation ne pourrait avoir lieu dans le mouvement perpétuel du système. — Ténacité des mécaniciens à conserver des théories battues en brèche par des faits d'expérience qui les ruinent. — Notions fausses sur l'élasticité des corps. — Système des ondulations de Fresnel ayant pour conséquence de supprimer l'ombre, etc. — Les molécules se touchent donc aux trois états physiques des corps. — Ce qui permet de se rendre compte très simplement de la communication de pression dans tous les sens, dans les liquides et les gaz.

6. — Résumé des manières d'être des molécules constatées jusqu'ici. — Il en résulte que les molécules composées ayant à satisfaire aux mêmes conditions ne peuvent se former que par emboîtement. — On aperçoit alors le but visé par la construction de molécules creuses et l'on prévoit que celles des gaz joueront le plus souvent le rôle d'enveloppe. — Toute molécule pouvant devenir l'enveloppe d'une autre plus petite normalement ou accidentellement, toutes les molécules doivent avoir des ouvertures polaires permettant l'emboîtement. — Quelle forme devra prendre la notation chimique pour indiquer les places relatives de l'enveloppe et du noyau.

7. — Quelques exemples montrant la stabilité ou l'instabilité de certains composés par le seul fait de la petitesse extrême de la molécule-noyau ou des dimensions plus grandes que celles de l'enveloppe, que certaines molécules-noyau peuvent prendre sous l'influence de la chaleur. — Composés stables : alumine, acide sulfurique. — Composés instables : corps oxygénés des séries azotique et chlorique, etc.

8. — Le système de combinaison par emboîtement n'est autre que le prolongement dans le monde minéral de la cellule du monde organique. — Examen de celui qui a cours dans le monde savant. — Exemples typiques de ce prétendu mode de formation. — Molécules d'eau et d'ammoniaque. — Réfutation.

9. — Aptitudes diverses des corps à s'écouler caractérisées dans le langage scientifique pour les solides, par les mots *plastique*, *malléable*, *ductile ;* pour les liquides, par les mots, *très mobile*, *mobile*, *huileux*, *sirupeux*, etc. ; pour les gaz, par ceux de *fluidité*, *subtilité*. — Ces mots n'expriment que des degrés divers d'une même faculté commune à toutes les molécules. — Examen de cette faculté dans le cas où elle est la plus saillante et la plus susceptible d'être analysée. — Toutes les molécules des corps soit par l'action interne soit par celle-ci et la pression externe pour les liquides et les gaz prennent la forme *polyédrique*.

10. — La conclusion qui précède mène droit à la connaissance du volume *réel* des molécules par la formule générale $V = \frac{P}{D}$ qui donne le volume d'une portion quelconque d'un corps dont on connaît le poids. — On tire de là que le volume de l'oxygène est moitié de celui de l'hydrogène. — Résultat confirmé par l'expérience volumétrique de Gay-Lussac. — La même formule confirme également les autres expériences volumétriques de ce savant. — Mais elle va à l'encontre de l'interprétation qui y a été donnée par l'école moderne de chimie. — Observations à ce propos, pour montrer l'importance de la loi générale des volumes comme moyen de déterminer les lois particulières des séries au moyen desquelles on contrôle l'exactitude des poids moléculaires.

11. — Les notions acquises précédemment aplanissent la difficulté qui paraît insurmontable au premier abord : celle consistant à fixer la place occupée par la chaleur dans les corps. — Cette place est à l'intérieur des molécules. — Le seul mode de mouvement par lequel elle puisse exercer son action. — Ce qui résulte d'une addition accidentelle de chaleur. — Identité de celle-ci avec celle préexistante au point de vue de la fonction. — *Chaleur spécifique*.

12. — C'est par le même mode de mouvement décrit précédemment que la chaleur assemble, sans la moindre complication, *une première file de molécules*. — C'est en se divisant en plusieurs parties que le même faisceau de forces *relie ensemble toutes les molécules d'un corps*. — Comment ces mêmes forces produisent l'aimantation.

13. — **Modifications dans l'état d'un corps résultant de quantités de chaleur retranchées ou ajoutées par les procédés connus. — Constatation de la rupture d'équilibre entre l'action coercitive de la chaleur et son action expansive sur les molécules. — Retour partiel ou total de la chaleur au cycle fermé qu'elle parcourt dans la molécule isolée.**

14. — Seul mécanisme, d'ailleurs très simple, par lequel l'emboîtement des molécules peut s'effectuer dans les combinaisons. — De telles déterminations ne comportent pas plus de difficultés et d'hypothèses qu'un simple problème de cinématique comme par exemple celui qui consiste à transformer un mouvement de va-et-vient en mouvement circulaire.

15. — Rapport des idées et notions exposées dans ce chapitre, avec les idées entretenues sur ce même sujet par Dalton, Thénard et Dumas.

CHAPITRE II

LOIS QUI RÉGISSENT LES ÉVOLUTIONS DES CHALEURS SPÉCIFIQUES DES CORPS.

16. — Capacité calorifique. — Chaleur spécifique. — Température. — Chaleur sensible. — Chaleur latente. — Thermomètre à air. — Sa division en parties égales.

17. — Les divisions égales du thermomètre ne correspondent pas à des incorporations d'égales quantités de chaleur. — Conclusion absurde à laquelle conduit l'hypothèse contraire. — Expériences de Petit et Dulong qui montrent que les chaleurs spécifiques varient avec la température, confirmées par des expériences plus complètes de Pouillet. — Observations sur la manière dont les théoriciens traitent les expériences. — Conséquences facheuses qui en sont résultées pour la chimie. — La connaissance des lois exprimant les évolutions des chaleurs spécifiques de tous les corps peut seule y mettre un terme et permettre d'asseoir la thermochimie sur des bases solides. — Observations accessoires sur des composés considérés comme formés avec absorption de chaleur. — Doutes entretenus par l'auteur à cet égard.

18. — Quels sont les résultats auxquels on arrive, en interprétant le tableau des chaleurs spécifiques de Petit et Dulong au commencement du § précédent? — Il est procédé d'abord à l'examen préalable de la valeur relative des chaleurs spécifiques obtenues entre 0° et les températures plus ou moins élevées. — Ce que doit être une chaleur spécifique moyenne exacte entre 0° et l'une quelconque de ces températures. — *Chaleur spécifique vraie* correspondante, quand la loi des évolutions calorifiques est exprimée par une ligne droite. — Cette loi ne peut être supposée, il faut la trouver. — Elle ne peut l'être que par la connaissance des *aires calorifiques*, seuls éléments que l'on puisse tirer de l'expérience. — La méthode des mélanges ne peut les donner avec une approximation suffisante qu'à des températures assez élevées. — Valeur scientifique et pratique nulle des expériences de Regnault.

19. — Recherche analytique de la signification approximative et générale des expériences de Petit et Dulong. — Calculs très simples d'où l'on déduit les seules notions positives intéressantes à connaître et consignées dans le tableau n° 2. — Corps les plus capables, de donner le zéro absolu. — Considérations sur les idées préconçues que l'on s'est faites des gaz parfaits et d'où l'on déduit un zéro absolu égal à — 273°. — Rapprochement avec l'idée que l'on s'était faite de l'élasticité parfaite. — L'une et l'autre contredites par l'expérience. — Opinion de Péclet sur les lois de la physique générale.

20. — Examen du tableau n° 2. — Toutes les valeurs du tableau protestent contre le zéro absolu — 273° admis en physique et en thermodynamique. — Celui tiré de l'admission que des quantités de chaleur égales correspondraient aux divisions égales du thermomètre, serait à l'*infini*. — Contradiction manifeste. — *Zéro absolu spécifique* dont l'existence semble devoir être confirmée par des expériences définitives en raison des résultats fournis par le fer et le platine. — Recherche par anticipation, à défaut d'une relation générale comme celle rêvée par Petit et Dulong exprimée par $P \times C$, d'une relation $P \times c$ se rapportant à des familles de corps primaires. — Il semble qu'il y a quelque chance d'en trouver une dans cette direction. — Résumé des éclaircissements fournis par le tableau.

21. — Première investigation comparative sur les expériences de Pouillet et de M. Violle sur ces dernières notamment. — Tableau de ces expériences. — Méthode suivie par Pouillet. — Absence de procès-verbal d'expériences. — Résultats concordants. — Expériences de M. Violle faites surtout à des hautes températures. — Absence d'expériences dans les températures moyennes de 200° à 800°. — Trois méthodes différentes dans la mesure des chaleurs spécifiques. — Expériences sur des éprouvettes ayant subi plusieurs recuits modifiant les capacités calorifiques. — Autant de causes d'erreurs. — Néanmoins ces expériences établissent la variation des chaleurs spécifiques avec la température, et l'existence d'un zéro absolu dont on ne parle pas. — Circonstance qui conduit à croire que la loi est représentée par une ligne droite. — Comment M. Violle a déterminé sa formule des chaleurs spécifiques vraies. — Résultats généraux qui en dérivent mis en présence de ceux de Petit et Dulong et de ceux de Pouillet dans le tableau n° 4.

22. — L'examen du tableau montre que les résultats sont différents, suivant les expérimentateurs ; et pour le même expérimentateur suivant la méthode d'interprétation suivie. — Ils le sont aussi suivant les causes accidentelles auxquelles on n'a pas fait attention. — Degré de pureté du métal. — Son état d'agrégation dû à la forme, au procédé de fabrication : Martelage, Laminage, Fusion, Écrouissage, Recuit. — Exemples cités par Pouillet. — Leçon qui doit être tirée des dissidences observées entre les divers expérimentateurs et des observations précédentes pour les expériences futures.

23. — A propos du penchant qui porte l'esprit humain à s'arrêter à une forme de loi avant l'expérience ou sur des expériences insuffisantes, l'auteur rapporte ce qui lui est arrivé à l'occasion de lois très importantes sur les familles des hydrocarbures qui lui avaient pris un temps considérable en calculs et qu'il a dû recommencer sur de nouveaux frais. — Ceci étant dit pour l'édification des jeunes camarades qui voudraient se livrer à des travaux de ce genre.

24. — Recherche des conditions algébriques auxquelles doivent satisfaire les résultats d'expériences sur les chaleurs spécifiques pour qu'ils répondent *au premier type de loi* dans lequel les évolutions des chaleurs spécifiques vraies sont représentées par l'équation d'une ligne droite. — Dans ce cas les évolutions des aires calorifiques sont exprimées par l'équation d'une parabole du second degré. — Formule exprimant les susdites conditions.

25. — Cette formule appliquée aux expériences de M. Violle et de Pouillet sur le platine, montre que les résultats de l'un et de l'autre ne peuvent être représentés par l'équation d'une ligne droite. — Les résultats d'expériences de Petit et Dulong sur le fer soumis à la même épreuve conduisent à une conclusion différente. — Détermination des chaleurs spécifiques vraies. — Leur comparaison avec les résultats d'expérience montrent qu'il faut pousser dans celles-ci, l'exactitude très loin.

26. — Détermination du caractère de la méthode employée dans la recherche dont il s'agit. — Elle consiste dans l'établissement des conditions d'existence d'un certain nombre *de types de lois* et dans leur confrontation avec les résultats d'expérience relatifs à chaque corps. — Détermination d'un *second type de loi*. — Celui où les évolutions des chaleurs spécifiques vraies sont représentées par une parabole du second degré. — Application aux expériences de Pouillet. — Tableau n° 5.

27. — Les expériences de Pouillet appliquées au second type de loi confirme l'existence de celui-ci et le fait que la première détermination expérimentale entre 0° et 100° est la moins exacte. — Nécessité d'améliorer les déterminations faites dans ces limites et celles qui suivent immédiatement pour les corps ayant un point de fusion peu élevé. — Moyen d'abréger les calculs qui conduisent à la détermination de θ. — Résultats comparatifs obtenus par les deux procédés. — Détermination de la troisième inconnue, a, des formules $T = a\,C^2$; et $S^2 = \frac{4}{9a} T^3$; ou bien : $C = \sqrt{\frac{1}{a} \times T}$, et $S = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1}{a} T^3}$, qui donnent les chaleurs spécifiques vraies et les aires calorifiques pour une température quelconque.

28. — Application des formules. — Tableau n° 6 donnant les valeurs de C et S entre 0° et 1200° au-dessus du zéro conventionnel. — Les chaleurs spécifiques élémentaires vraies varient *du simple au quintuple* et les capacités totales dans le rapport de 1 à 160. — C'est à ces dernières surtout qu'il faudra s'attacher à l'avenir. — Observations sur

l'erreur grave commise en s'en tenant au produit P × C et sur le retard considérable infligé de ce fait à la thermochimie qui dans l'état actuel n'a qu'une valeur restreinte.

29. — Comparaison entre les aires calorifiques partielles et les capacités moyennes tirées des expériences de Pouillet et les mêmes valeurs tirées de la loi des aires absolues. — Cette comparaison donne les résultats très satisfaisants consignés dans le tableau n° 7. — Même comparaison sur les expériences de M. Violle. — Résultats moins satisfaisants. — Observations pratiques suggérées par la comparaison des deux séries d'expériences. — Cause d'erreur probable provenant du fait d'avoir fait servir la même éprouvette à toutes les températures. — En tous cas les deux séries d'expériences s'accordent sur le fait que les évolutions des chaleurs spécifiques du platine sont régies par l'équation d'une parabole du second degré. — Épure à grande échelle des deux séries d'expériences. — Son utilité.

CHAPITRE III

LOIS DES DILATATIONS DES CORPS.

30. — Les évolutions des dilatations linéaires d'un corps accompagnent celles relatives à ses chaleurs spécifiques et prennent nécessairement fin avec ces dernières au même zéro absolu. — Les données recueillies par l'expérience à ce sujet ont aussi le même caractère. — Il s'ensuit que les unes et les autres sont régies par des lois de même ordre. — Petit nombre d'expériences sur cet important objet.

31. — Différences dans les résultats obtenus par différents expérimentateurs sur le même corps, analogues à ceux observés pour les chaleurs spécifiques et dues aux mêmes causes. — Expériences établissant aussi l'accroissement des dilatations élémentaires avec l'élévation de la température. — Application des deux types de lois au platine, et du premier type de loi aux seuls corps en petit nombre pour lesquels on a obtenu plusieurs dilatations moyennes, et d'où résulte un commencement de confirmation à l'égard de l'aptitude des dilatations à fournir un ω identique à celui donné par les chaleurs spécifiques. — Facilité particulière que fourniraient les dilatations pour la recherche de θ et d'où résulterait une simplification dans les expériences plus difficiles relatives aux chaleurs spécifiques.

32. — Programme de la marche à suivre dans les expériences futures pour obtenir des résultats concordants et sur lesquels on puisse compter.

33. — État des connaissances sur les chaleurs spécifiques au regard de ce qu'il aurait dû être. — Vue exacte, en apparence intuitive, entretenue à ce dernier propos par M. Berthelot et non poursuivie. — Critique des indications qu'il donne sur la voie à suivre dans cette recherche et le but à atteindre. — Caractère des recherches à entreprendre. — Conséquences au point de vue de l'industrie métallurgique ; du redressement des idées fausses sur la chaleur que les différents corps possèdent et émettent dans les combinaisons; sur celle contenue dans les acides ; sur la notation chimique provenant de ce que l'action pyrogénée et polymérisante de ces corps n'ayant pas été aperçue, on a doublé des poids qui ne devaient pas l'être en chimie organique, en étendant cette façon sommaire de procéder à la chimie minérale.

34. — Suite du même sujet où l'on s'efforce de montrer le rôle funeste de l'hypothèse dans la recherche de la vérité scientifique. — Cas de Petit et Dulong. — Cas de Fresnel dont l'auteur analyse un extrait donné en forme d'épigraphe de l'introduction, pour montrer la transformation à lui faire subir pour exprimer la réalité des choses. — Appel à M. Berthelot.

35. — Résumé général au point de vue de la notion fondamentale vraie des sciences physiques. — Existence réelle de la Force fluidique universelle. — Tous les corps sont fluidiques à divers degrés. — A quoi ils doivent cette faculté. — Notion finale de la molécule. — Terrain de conciliation offert à la science et à la philosophie.

— Note sur un cas de chaleur emmagasinée dans le verre et donnant lieu directement à une action mécanique énergique. — Expérience de M. de Luynes. — Rapport de la structure moléculaire du verre, dans ce cas, avec celle de l'acier trempé. — Expériences de l'auteur.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Développement des voies de communication dans la Grande Bretagne (*suite et fin*). — Origine des moteurs à gaz. — Essai de machine à vapeur. — Indicateur de distance pour locomotives. — Exportation des rails d'Angleterre aux États-Unis. — La digue de la Delaware. — Les incendies à Londres.

Développement des voies de communication dans la Grande-Bretagne (*Suite et fin*). — L'énorme et continuel accroissement du trafic des chemins de fer de la Grande-Bretagne a des sources qu'on est naturellement conduit à étudier. D'où vient et où va l'immense quantité de marchandises qui circule sur le réseau des voies ferrées du pays ? Une partie constitue le trafic intérieur, mais la plus grande forme, l'importation et l'exportation et, étant donnée la situation géographique de la Grande-Bretagne, ces opérations se relient nécessairement à la navigation.

Il s'est produit dans celle-ci les mêmes modifications et le même développement que dans les chemins de fer ; on a employé successivement des navires de plus en plus grandes dimensions et en nombre de plus en plus considérable ; on peut faire observer à ce sujet que, sans les chemins de fer qui amènent à la fois et rapidement de grandes quantités de marchandises de l'intérieur, on n'aurait pu employer avec avantage des navires de fort tonnage.

On admet généralement que le premier bassin à flot, muni de portes de retenue, est le vieux bassin, dit Old Dock, de Liverpool construit vers 1716. C'était un bien modeste début, la superficie n'étant que de 14,000 mètres carrés. Le niveau du seuil de l'entrée a été pris comme base et en sert encore pour l'établissement du port.

Dans les cent premières années qui suivirent l'ouverture de ce bassin, on fit peu de progrès dans ce genre de travaux. En 1816, la superficie totale des bassins à flot était seulement de 14 hectares et en 1825 de 19. En 1848, soit vingt-trois ans plus tard, la superficie était arrivée à 50 hectares avec une hauteur d'eau maximum sur les seuils de 8 mètres aux hautes mers de vive eau et une largeur maximum d'entrée de 21 mètres.

En 1882, les bassins s'étendent du voisinage de Dingle Point à Mineral Dock dans Bootle Bay, ce qui représente, avec les nouveaux travaux en exécution, une longueur de 10 kilomètres et une superficie de 110 hectares et de 116, en y comprenant les bassins de marée; le maximum de largeur d'entrée est de 30^{m},50 pour une écluse dont la longueur est de 150 mètres et la hauteur d'eau sur le seuil de 9^{m},50 aux hautes mers ordinaires de

vive eau. L'accroissement a été graduel et continu pour les bassins destinés à recevoir les grands navires et, à l'achèvement des travaux en cours, la superficie totale mouillée des 35 bassins à flot de Liverpool atteindra 210 hectares, soit plus de 2 kilomètres carrés avec 53 kilomètres de développement de quai.

On comprend facilement qu'on n'aurait pu utiliser une longueur de quai aussi considérable dans une étendue relativement limitée sans les facilités énormes que fournissent pour l'arrivée et l'enlèvement des marchandises les voies ferrées qui sillonnent les docks en formant une longueur réunie de 15 kilomètres. Les docks sont desservis par cinq gares à marchandises placés en des points convenables et commandant le réseau complet des voies ferrées des docks. Quatre de ces gares appartiennent à la compagnie du London and North-Western qui a dépensé 25 millions de francs en travaux de diverse nature pour relier son réseau à la partie des docks réservée au trafic avec l'Amérique. Avec le secours des appareils de chargement et de déchargement les marchandises peuvent être rapidement transférées des wagons aux navires et inversement sans l'intervention de main-d'œuvre.

A Londres, sur la Tamise, la disposition des docks n'est pas la même qu'à Liverpool. Il eût été préférable d'établir les docks aussi bas que possible dans le fleuve et les relier à la ville par des chemins de fer, plutôt que de faire remonter les navires dans les sinuosités de la rivière. Le problème va être résolu dans ce sens par la construction du dock de Dagenham, au-dessous de Barking Creek et du dock de Tilbury, à 20 kilomètres en aval de Dagenham et à 33 kilomètres de la cité. Les docks de Tilbury auront une superficie mouillée de 20 hectares avec une écluse d'entrée de 210 mètres de longueur et 24 de largeur, ayant 7^{m},50 d'eau sur les seuils aux basses mers de vive eau. Lorsque ces travaux seront exécutés le développement total des quais sur la Tamise sera de 45 kilomètres. Sans les facilités de communication données par les chemins de fer il eût été impossible d'établir dans le port de Londres des bassins à flot pouvant recevoir les plus grands steamers actuels.

Le port de Glasgow est encore dans d'autres conditions. La Clyde ne présente pas les difficultés de navigation de la Tamise et les navires peuvent arriver dans le port même. En 1848 des navires de 5 mètres de tirant d'eau pouvaient arriver à Glasgow dans les marées de vive eau, mais il leur arrivait de temps en temps, et même à de plus petits navires, d'être arrêtés dans la rivière pendant plusieurs marées. Aujourd'hui des navires de 7 mètres de tirant d'eau quittent Glasgow trois heures avant la pleine mer et sortent de la rivière en une seule marée.

La longueur des quais sur les rives nord et sud de la Clyde à Glasgow était en 1848 de 2,400 mètres; elle a été doublée depuis. Le bassin à flot de Stobcross ou Queen'sDock de 13 hectares de superficie, a 6^{m},10 de profondeur d'eau aux basses mers de vive eau.

Le canal maritime proposé entre Liverpool et Manchester pour améliorer

la navigation de la Mersey et de l'Irwell, sera dans des conditions très analogues à celle de la Clyde. Les avantages qui résulteront de l'établissement de ce canal pour Manchester et ses environs en donnant satisfaction à leurs besoins de trafic maritime, sont généralement reconnus.

Les communications actuelles par chemins de fer entre Manchester et Liverpool exigent sept manutentions distinctes des marchandises de l'entrepôt au navire. Manchester, comme Glasgow, est un centre commercial très important et la même théorie s'y applique, amener les navires le plus près possible du marché.

En 1850, après le retrait des lois de protection sur la navigation, le tonnage total à l'entrée et à la sortie des ports du Royaume-Uni, pour le commerce extérieur, y compris le tonnage en lest, s'est élevé à 14, 1/2 millions de tonnes ; en 1860, à 24 millions, en 1870 à 36 millions, et en 1880 à 58 millions, ce qui indique un accroissement très rapide en trente ans, le chiffre de 1880 étant sensiblement le quadruple de celui de 1850. Les trois quarts du chiffre appartiennent à la marine britannique.

Le tonnage d'entrée et de sortie pour le cabotage a passé de 25 millions de tonnes en 1850 à près de 75 en 1880. Nous ne parlons ici de cette branche que pour indiquer que les compagnies de chemins de fer après avoir fait tous leurs efforts pour lutter contre le cabotage et le ruiner ont été amenées à trouver le développement principal de leur trafic dans le mouvement de l'intérieur vers la côte et réciproquement.

Le tonnage indiqué plus haut comprend les navires à vapeur et les navires à voile. Pour ces derniers le nombre s'est abaissé de 25,000 en 1850, à 20,000 en 1880, tandis que le tonnage total s'est élevé pour les mêmes époques de 3, 1/3 millions à près de 4 millions. Pour les navires à vapeur au contraire, le nombre s'est élevé de 1187 en 1850 à 5,247 en 1880 et le tonnage de 168,500 à 2 3/4 millions de tonnes. On voit par ces chiffres que la grandeur moyenne s'est élevée, pour les navires à voiles de 130 à 193 tonnes et pour les navires à vapeur de 140 à 518.

La réduction de la flotte à voile n'est pas à regretter, c'est une indication sûre du remplacement de vieux et médiocres outils par des engins neufs et perfectionnés et il ne faut pas oublier que, grâce à l'utilisation supérieure des navires à vapeur, une tonne de ces derniers équivaut à trois tonnes au moins de navires à voiles.

La valeur totale des importations et exportations pour le Royaume-Uni s'est élevée de 9, 1/2 milliards de francs en 1860 à 13, 1/2 en 1870 et à 17, 1/2 en 1880.

Cet énorme accroissement indique un développement considérable des facilités de transport, comme on peut en juger par quelques détails. Ainsi la quantité de charbon exportée a passé de 7 millions de tonnes en 1860 à 12 en 1870 et à près de 19 en 1880. L'exportation des fers et aciers était de 1, 1/2 millions de tonnes en 1860 ; elle était de 3 millions en 1870 et de 3, 3/4 en 1880. Il a été importé 2 1/2 millions de tonnes de blé en 1860, 3, 3/4 millions en 1870, et en 1880, le chiffre énorme de 6, 3/4 millions.

En 1880 il a été importé 750 millions d'œufs d'une valeur de 56 millions de francs.

L'ensemble des denrées alimentaires importées en 1840 était d'une valeur de 640 millions de francs; cette valeur s'élevait en 1880 à 4 milliards.

L'importation du coton brut de 266,000 tonnes en 1840 est monté à 733,000 en 1880. Les laines, les bois et les sucres ont éprouvé un accroissement aussi remarquable.

Le pétrole, dont il n'avait été importé que 2,000 litres en 1860, est devenu l'objet d'un commerce très important dont on peut apprécier le développement par les chiffres suivants : importation 30 millions de litres en 1880 et 175 millions en 1880.

Le transport de quantités aussi énormes de marchandises peut donner une idée de l'utilisation qu'on demande à la navigation océannienne et du développement du commerce maritime. Pour fixer les idées, nous résumons ci-dessous les chiffres du trafic des trois premiers ports de la Grande-Bretagne.

Liverpool est essentiellement une création du siècle actuel. En 1801, le tonnage d'entrée du port était inférieur à un demi-million de tonnes, sur lesquels les droits de bassin et de ville montaient à 700,000 francs.

En 1811 il y avait 611,000 tonnes et en 1821 840,000. L'accroissement était peu rapide, mais, en 1831, le tonnage s'élevait à 1,600,000 tonnes; il avait donc presque doublé en dix ans. Ce développement subit était dû à l'établissement du chemin de fer de Liverpool à Manchester. Depuis cette époque le trafic a augmenté si rapidement qu'en 1881 les entrées atteignirent le chiffre de 8 millions de tonnes sur lesquelles on percevait 25 millions de francs de droits.

En 1880 il est entré dans le port de Liverpool plus de 15,000 navires dont le tonnage moyen ressort à 452 tonneaux. En 1855 le tonnage moyen n'était que de 265 tonneaux d'où on peut conclure que ce tonnage moyen a augmenté des deux tiers depuis vingt-cinq ans.

Il est entré en 1855 dans le port de Londres, 29,000 navires d'un tonnage moyen de 183 tonneaux. En 1880 ce nombre s'est élevé à 50,000 et le tonnage moyen à 200 tonneaux. Il est à remarquer que, pour un tonnage total plus considérable, le tonnage moyen des navires entrant dans la Tamise est moins de la moitié de celui des navires qui entrent dans la Mersey, ce fait significatif indique les avantages naturels de cette dernière rivière. Depuis vingt ans, alors que le nombre et le tonnage des navires à voiles diminuait d'année en année, le nombre des navires à vapeur s'est accru dans le rapport de 1 à 2 1/2 et leur tonnage dans celui de 1 à 3 1/2.

Si nous arrivons au port de Glascow, nous pouvons juger de la transformation qui s'y est produite en mettant simplement en présence les navires entrés dans l'année qui a pris fin le 30 juin 1859 et dans celle qui s'est terminée le 30 juin 1882, soit un intervalle de vingt-trois ans. En 1858-59, il est entré à Glasgow 5,414 navires à voiles et 12,403 steamers, soit un total de

17,817 navires d'un tonnage total de 1, 1/2 million de tonneaux. En 1881-82, il n'est entré que 1,825 navires à voiles, mais à côté 15,468 steamers, soit en tout 17,293 navires d'un tonnage réuni de plus de 3 millions de tonneaux. On voit donc que, si le nombre des navires est un peu moindre, le tonnage total a doublé et que la réduction très notable du nombre des navires à voiles a été sensiblement compensée par l'augmentation du nombre des navires à vapeur. La capacité s'est accrue et le tonnage moyen s'est élevé de 90 tonneaux en 1858-59 à 180 en 1881-82, soit exactement le double.

Le résultat naturel de ce développement considérable a été la construction de steamers de dimensions colossales, limitées uniquement par celles des bassins appelés à les recevoir.

En 1840 les plus grands navires marchands n'atteignaient pas 90 mètres de longueur. Le *Great Western* avait 72 mètres et le *British Queen* 84 avec des machines de 500 chevaux et une jauge de 2,000 tonneaux.

En 1882 il y a beaucoup de steamers ayant plus de 150 mètres de longueur. Ainsi le *City of Rome* a 170^m,80 de longueur, 15^m,95 de largeur, 8,415 tonneaux de capacité et 1,500 chevaux de puissance nominale. On peut se demander si les ingénieurs maritimes et les constructeurs vont en rester là au moins pour quelque temps ; on peut leur conseiller de le faire jusqu'à ce que l'expérience ait prononcé sur la convenance de concentrer de tels poids sur des coques à fonds simples. Des constructeurs éminents pensent que dans un avenir très proche on construira des navires de 180 mètres de longueur et 24 de largeur et que, avant qu'il soit bien longtemps, le *Great Eastern* sera dépassé comme dimensions. Il peut y avoir des raisons sérieuses dans cet accroissement, mais il y a aussi des limites à la grandeur des navires. On reconnaît journellement la difficulté qu'il y a à donner aux plus grands types de steamers translantiques une rigidité suffisante pour le service qu'ils ont à faire et il est certain que le navire de l'avenir devra être développé dans le sens de la largeur et du creux.

Quoi qu'il en soit, les gros navires doivent être desservis par de fortes locomotives et de gros trains. Le chemin de fer est à la hauteur de la marine pour concourir avec elle au service du commerce britannique et, quel que soit le développement que réserve l'avenir à la navigation à vapeur, on peut être certain que, aussi longtemps que nous pourrons produire des locomotives capables de développer une puissance de 1,000 chevaux, l'exploitation des chemins de fer répondra à toutes les exigences du trafic maritime aussi bien que du commerce intérieur.

Mais il ne faut pas oublier que ces magnifiques résultats ne se seraient pas produits si l'on s'était trouvé limité à l'emploi du fer pour les rails et les bandages, pièces par lesquelles voie et machines se trouvent en relation. Les rails en fer des premiers chemins de fer ont duré vingt-cinq ans. Ceux des chemins plus récents se sont usés en une période variant de cinq à dix ans, dans certains cas en un an. Cette réduction de la durée a été, dans

une grande mesure, la conséquence de l'énorme accroissement du trafic, de la charge des roues motrices des machines, de la vitesse et des arrêts plus rapides.

Heureusement on a pu recourir à l'acier pour remplacer le fer dans les bandages et les rails et il est incontestable que l'on n'eût pu réaliser le trafic important actuel sur la plupart des lignes de chemins de fer sans l'emploi de l'acier pour les rails et les bandages. Les admirables qualités de résistance de ce métal permettent de placer impunément sur les rails des charges de 15 à 18 tonnes par paire de roues motrices des machines.

L'origine des moteurs à gaz. — On a souvent, dans les écrits relatifs aux moteurs à gaz, fait allusion à des projets ou même des essais remontant à une date relativement ancienne. On a cité entre autres les noms de Lebon, de Rivaz, Brown, etc. On trouve dans l'ouvrage anecdotique sur les origines de la machine à vapeur de Robert Stuart, publié en 1829, des renseignements assez curieux et qui sont probablement peu connus en France sur ces premiers essais.

En 1794, Robert Street décrivit et patenta une machine dans laquelle le piston était poussé par l'explosion d'un mélange détonant dont l'élément combustible était fourni par la vaporisation de la térébenthine projetée sur du fer rouge.

En 1807 de Rivaz appliqua la même idée. Il employait un cylindre de $0^m,12$ de diamètre contenant un piston ; au bas du cylindre était ajusté un autre cylindre plus petit également muni d'un piston dont la tige était attachée au milieu d'un levier servant à faire monter et descendre le piston. Ce dernier avait une ouverture fermée par un clapet ouvrant à l'extérieur. Du haut du petit cylindre partait un petit tube aboutissant à un sac en peau contenant de l'hydrogène ; ce tube portait un robinet à deux fins qui dans une position admettait l'hydrogène, dans la seconde l'air atmosphérique et qui, entre ces deux positions, fermait toute communication. Pour charger l'appareil, on poussait avec le levier le petit piston contre le grand, ce qui avait pour effet de chasser l'air compris entre les deux par la soupape dont il a été question. En faisant redescendre ensuite le petit piston, on aspirait de l'hydrogène puis du gaz dans les proportions de 1 volume du premier et 2 volumes du second. L'explosion se produisait par l'étincelle électrique, et le piston des dimensions indiquées plus haut soulevait un poids de 11 livres. On dit que l'inventeur appliqua cet appareil à une petite locomotive. Un brevet lui fut délivré par le gouvernement français en 1807, mais la publication de ce brevet n'a été faite qu'en 1824.

En 1820 le Révérend Cecil, de Cambridge, proposa l'emploi d'un mélange d'air et d'hydrogène comme source de puissance motrice ; il donna une description très détaillée de son invention dans les *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* ; on y trouve des considérations théoriques très intéressantes.

On doit admettre comme positif, dit Cecil, qu'on peut opposer avec

sécurité à une explosion une résistance élastique, celle de l'air comprimé par exemple, si cette résistance élastique a peu ou point d'inertie à mettre en jeu ; au contraire, la plus légère inertie opposée à l'explosion d'un mélange soumis à une combustion instantanée, équivaut à un obstacle insurmontable.

Ainsi, une petite quantité de poudre, ou un mélange détonant d'air et d'hydrogène peuvent être enflammés sans danger dans un grand vase clos plein d'air parce que la pression exercée par l'explosion contre les parois du vase ne peut pas être supérieure à la pression de l'air comprimé par l'explosion. Si l'on place un morceau de carton ou même de papier dans le milieu d'un canon de fusil chargé avec de la poudre, le canon fera généralement explosion, parce que la poudre en détonant agit sur un corps au repos qui ne peut être mis en mouvement dans un espace de temps infiniment petit que par l'intervention d'une force infiniment grande, ce corps équivaut donc à un obstacle insurmontable.

De tous les mélanges détonants, ou matières explosives, les plus dangereux, à expansion égale, et les moins propres à être utilisés comme force motrice, sont ceux qui s'enflamment le plus rapidement. Ainsi un mélange d'oxygène et d'hydrogène dans lequel l'inflammation se produit instantanément est moins convenable pour l'usage dont il est ici question qu'un mélange d'air atmosphérique et d'hydrogène qui s'enflamme plus lentement. Un des explosifs dont l'inflammation est relativement la plus lente est la poudre ordinaire et pour cela, malgré sa grande puissance de dilatation, il est particulièrement propre à servir comme source de force motrice ; seulement il faut prendre de grandes précautions pour placer le corps qui fait résistance au contact immédiat de la poudre de manière que l'effort produit par l'explosion puisse agir sur lui dès le commencement de l'inflammation et que la mise en mouvement ait lieu avant que l'inflammation soit complète. Avec un fusil ordinaire, si l'on place le projectile à quelque distance de la poudre, on fait crever le canon, parce que le projectile joue par son inertie le rôle d'un obstacle invincible. On suppose ici que le mélange explosif n'a pas lui-même d'inertie ou qu'il est susceptible de suivre le projectile sur lequel il agit avec une vitesse incomparablement plus grande que celle que peut acquérir celui-ci.

Cecil faisait observer qu'une machine à vapeur, même de force réduite à celle d'un homme, ne peut être mise en action en moins d'une demi-heure et une machine plus puissante dans un temps beaucoup plus considérable. La machine qui emprunte sa puissance au gaz hydrogène peut au contraire être prête à fonctionner sans aucune préparation.

Le principe fondamental de l'appareil est la propriété que possède un mélange détonant d'air et d'hydrogène de faire explosion lorsqu'on l'enflamme et de former ensuite un vide plus ou moins parfait. Si l'on forme le mélange de un volume d'hydrogène pour deux et demi d'air atmosphérique et qu'on l'enflamme, les gaz dilatés occuperont un volume triple du volume

primitif. Les produits de l'explosion sont de l'eau formée par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air, et l'azote qui existait dans l'air.

Cet azote est maintenant répandu dans un volume gazeux triple du volume primitif, sa densité est donc ramenée à un sixième environ de celle de l'air. Si l'on empêche l'air extérieur de rentrer, la pression de l'atmosphère peut être utilisée comme force motrice d'une manière analogue à celle qui agit dans les machines à vapeur [1], la différence ne consiste que dans le mode d'obtenir le vide.

Un volume d'hydrogène pur doit produire plus de cinq fois l'effet du même volume de vapeur et en pratique la différence sera encore plus grande.

On suppose en effet que la vapeur produit par sa condensation un vide parfait, et ce n'est pas toujours le cas; une certaine partie de la force est perdue par l'imperfection de la condensation, par les fuites autour du piston, par la mise en mouvement de la pompe à air et des deux autres pompes de service de la machine; un cylindre fermé de 0^{m},25 de hauteur et de 0^{m},05 de diamètre, en étain, avec ses extrémités consolidées de manière à résister, peut supporter sans crever l'explosion du mélange détonant, la pression intérieure étant de 12 atmosphères environ; mais si un mélange détonant comprimé à 12 atmosphères n'a pour se développer qu'un volume triple de son volume initial, l'explosion n'arrive qu'à équilibrer la pression atmosphérique, puisque la force de l'explosion varie comme le carré de l'espace occupé par le fluide.

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces considérations de l'inventeur, il paraît que le modèle de sa machine fonctionnait très bien avec un cinquième d'hydrogène dans le mélange gazeux, mais le plus grand effet était obtenu lorsque l'hydrogène y entrait pour deux septièmes, soit 14,5 pour 100 environ.

Nous allons indiquer la disposition de la machine autant qu'on peut le faire sans l'aide de figures.

Le cylindre est vertical, de petit diamètre par rapport à la longueur; il est divisé par une cloison en deux parties dont la supérieure forme le tiers à peu près du volume total. La cloison est percée d'un trou fermé par un obturateur glissant manœuvré par une tige de commande qui sort à l'extérieur en traversant un presse-étoupes. La tige du piston qui se meut dans la partie supérieure du cylindre s'articule à un balancier dont l'autre extrémité commande par une bielle un arbre coudé portant un volant.

Au-dessus de la cloison dont il a été question pénètre dans le cylindre un tube amenant l'hydrogène d'un réservoir, lequel hydrogène se mêle avec de l'air atmosphérique; sur ce tube est un robinet qui s'ouvre lorsque le piston est à l'extrémité inférieure de sa course et qui se ferme lorsque le piston arrive au bout du cylindre.

1. Cette comparaison ne s'applique, bien entendu, qu'aux machines à vapeur à simple effet, telles que celles de Newcomen ou de Watt où la vapeur fait seulement équilibre à la pression atmosphérique.

Lorsque le piston monte, il aspire dans le cylindre une charge de mélange détonant qui est enflammée par la flamme d'un petit bec de gaz, laquelle flamme est introduite par le déplacement d'un petit tiroir. L'explosion fait évacuer l'air de la partie inférieure du cylindre par une soupape convenablement disposée et le vide partiel qui se produit fait redescendre le piston par l'effet de la pression atmosphérique; le mouvement du volant fait remonter le piston et ainsi de suite.

L'inventeur explique que, pour remédier au bruit que produit l'explosion dans le cylindre, on peut enterrer la partie inférieure de celui-ci dans un puits ou l'enfermer dans un vase clos et étanche.

Il a soin d'expliquer que, si dans son modèle fonctionnant la puissance est uniquement empruntée à la pression atmosphérique agissant contre un vide imparfait, on peut également faire des machines agissant soit par l'explosion seule, soit par l'effet réuni de l'explosion et du vide.

Samuel Brown patenta sa machine à gaz en 1823; elle est fondée sur le même principe que la précédente, mais elle était beaucoup mieux étudiée au point de vue mécanique; cette machine a été l'objet d'essais assez sérieux et il a été dépensé à son sujet des sommes considérables.

On la trouve décrite dans un certain nombre de traités, ce qui nous dispense d'entrer dans des détails plus complets sur cette question.

Essais de machine à vapeur. — La fabrique de machines d'Esslingen (Directeur Emile Kessler) a construit l'année dernière dans sa succursale de Cannstatt (anciens ateliers de Decker frères et Ce) une machine Compound de 200 chevaux pour la fabrique de ciment de Blauburen près Stuttgart.

Cet appareil est une machine Compound composée de deux cylindres horizontaux actionnant des manivelles à angle droit avec réservoir intermédiaire. La distribution des deux cylindres s'opère par une distribution de précision à soupapes. Les cylindres et le réservoir intermédiaire ont des enveloppes de vapeur.

L'admission est réglée au petit cylindre par le modérateur et au grand cylindre à la main.

La pompe à air à double effet est commandée par le prolongement de la tige du grand piston.

Voici les dimensions principales des organes :

Diamètre du petit piston	0^{m},500
d° de sa tige	0,075
d° de la contre-tige	0,056
Surface d'avant	1,919 ^{cq}
d° d'arrière	1,939
Diamètre du grand piston	0^{m},751
d° de sa tige	0,080
d° de la contre-tige	0,056

Surface d'avant.	4,379 ^{cq}
d° d'arrière.	4,405
Rapports de volume des cylindres	1 à 2,27
Course des pistons.	0^{m},800
Diamètre de la pompe à air.	0,180

La vapeur est fournie par deux grandes chaudières de Cornouailles avec foyers Tenbrink. Chacune a 95 mètres carrés de surface de chauffe, réchauffeurs compris et 1^{m},8 de surface de grille. Chaque réchauffeur a une surface de 22 mètres. La pression est de 6 1/2 kilogrammes.

Les essais ont eu lieu au mois de juin de l'année dernière.

Le combustible employé était du charbon de la Sarre revenant à l'usine à 27^{f}, 50 la tonne. Les essais ont duré 10 heures chaque fois.

Voici les résultats principaux :

18 *juin* 1882.

Pression moyenne effective à la chaudière.		6^{k},49
Nombre de tours moyen par minute.		61.125
Expansion moyenne au petit cylindre.		4.59
Expansion totale.		10.40
Pression moyenne effective au petit cylindre.	avant.	2.08
	arrière.	2.05
Pression moyenne effective au grand cylindre.	avant.	1.086
	arrière.	1.077
Pression moyenne au réservoir intermédiaire		1.065

Puissance indiquée au petit cylindre.

$$\text{Avant.}\quad \frac{1919 \times 2.08 \times 0.8 \times 61.125}{60 \times 75} = 43.37$$

$$\text{Arrière.}\quad \frac{1989 \times 2\ 05 \times 0.8 \times 61.125}{60 \times 75} = 42.75$$

$$\text{Total : } 86.12$$

Puissance indiquée au grand cylindre.

$$\text{Avant.}\quad \frac{4379 \times 1.086 \times 0.8 \times 61.125}{60 \times 75} = 51.7$$

$$\text{Arrière.}\quad \frac{4405 \times 1.077 \times 0.8 \times 61.125}{60 \times 75} = 51.55$$

$$\text{Total : } 103.25$$

Puissance indiquée totale. 189.37

La consommation d'eau d'alimentation a été pendant les 10 heures de marche de 13487 ; si on retranche 1215 kilogr. ou 9 pour 100 provenant des enveloppes des cylindres et du réservoir intermédiaire on trouve une dépense nette de 1348.7 qui donne 7.12 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué et par heure.

L'eau d'injection entrait à 12 degrés centigrades et l'eau de condensation

sortait à 24,5 degrés. La consommation de charbon a été en tout de 1426 kilogr. ce qui fait 1 de charbon pour 9,7 d'eau, $0^{kg},75$ par cheval indiqué et par heure, $7^{kg},28$ par mètre carré de surface de chauffe et 39,6 par mètre carré de surface de grille et par heure.

La température des gaz à la sortie était de 155,8 degrés centigrades.

L'essai du jour suivant a donné des résultats très peu différents.

Le nombre moyen de tours par minute étant de 62,3 et l'expansion moyenne totale de 8,1 seulement pour la même pression à la chaudière, on a eu 96,95 chevaux au petit cylindre, 128,05 au grand, soit en tout 225 chevaux indiqués.

La dépense de vapeur a été de 7.21 kilogr. par cheval indiqué et par heure, non compris 7,44 pour cent de vapeur condensée dans les enveloppes.

La dépense de combustible a été de 0,82 kilogr. donnant 1 de charbon pour 8,94 d'eau, 8,7 par mètre carré de surface de chauffe et 51 par mètre carré de surface de grille et par heure. La température des gaz était de 164 degrés à la sortie.

On voit qu'avec des degrés d'expansion assez différents, tels que 10,4 et 8,1, les consommations de vapeur n'ont différé que de 4 1/2 pour 100 et les consommations de combustible auraient été dans le même rapport, si l'accroissement de la puissance à produire n'avait conduit à augmenter la quantité de charbon brûlée par mètre carré de surface de chauffe et par mètre carré de surface de grille et par heure. C'est une nouvelle démonstration du peu d'efficacité des détentes exagérées même avec le fonctionnement en cylindres successifs.

On remarquera également la réduction très importante de la quantité d'eau condensée dans les enveloppes avec l'expansion totale.

La substitution de la machine Compound dont il vient d'être question à un moteur composé de deux machines jumelles à distribution par tiroir dépensant 1,6 kilog. de combustible par cheval indiqué et par heure, produit pour la fabrique de ciment de Blaubeuren une économie de combustible de 11,250 francs par an pour 300 jours de travail.

Les renseignements ci-dessus sont extraits du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.*

Indicateur de distance pour locomotives. — Il se présente assez souvent des cas où un mécanicien de locomotive est embarrassé pour reconnaître l'endroit précis de la ligne où il se trouve, par exemple sur des chemins présentant de grands espaces déserts entre les stations, ou bien la nuit, par le brouillard, des tempêtes de neige etc. Un ingénieur italien, M. Vito a récemment proposé un appareil qui, mis en mouvement par les roues de la machine, développe des longueurs proportionnelles au parcours. Il y a trois cadrans dont l'un marque les hectomètres, le second les kilomètres et le troisième les 100 kilomètres. Le machiniste peut ainsi reconnaître à chaque instant à la simple vue des aiguilles et d'une manière

approchée à quel point de la ligne il se trouve, si, bien entendu, il a eu soin de mettre son appareil au zéro au départ. L'inventeur a été plus loin. Il s'est proposé d'avertir le machiniste lorsqu'il arrive à certains points dangereux de la ligne ; pour cela un arrêt disposé convenablement déclanche au moment voulu un ressort qui agit sur le sifflet lequel fonctionne jusqu'à ce qu'on l'ait arrêté. Nous ne savons si cet appareil dont nous trouvons l'indication dans l'*Engineering News* a été ou doit être essayé ; mais avec un peu d'imagination on peut se représenter facilement la marche des trains de chemins de fer réglée automatiquement par une feuille de route ; les arrêts et les ralentissements produits spontanément. L'homme, en dehors des cas imprévus pour lesquels il sera peut être peu prudent de se fier à son attention nécessairement endormie par la présence de l'appareil automatique, n'aura plus à s'occuper que du chauffage et encore ne pensera-t-on pas à lui substituer un chauffeur automatique et un régulateur automatique d'alimentation?

Exportation des rails d'Angleterre aux États-Unis. — L'exportation des rails fabriqués en Angleterre a dépassé en 1882 les chiffres des années précédentes ; elle a été de 9 pour 100 plus grande qu'en 1881 et de 29 pour 100 plus grande qu'en 1880. Les chiffres de ces trois années sont les suivants :

Exportation aux États-Unis :	1880	1881	1882
Rails en fer	106.061^{t}	96.139^{t}	21.135^{t}
« en acier	113.214	194.001	173.876
Total	219.275	290.140	195.011
Exportation dans les autres pays :			
Rails en fer	38.842	24.082	25.397
« en acier	345.973	401.510	560.043
Total	384.815	425.592	585.440

Pour l'Angleterre, la diminution de 95,129 tonnes ou 33 pour 100 sur 1881 pour l'exportation aux États-Unis est plus que compensée par l'augmentation de 159,848 tonnes, soit 38 pour 100, de ses exportations dans les autres pays, d'où il semble résulter que la construction des chemins de fer s'est considérablement développée en 1882, tout au moins pour les contrées qui ne fabriquent pas elles-mêmes la plus grande partie des rails qu'elles emploient. Le chiffre relatif aux pays autres que les États-Unis correspond à raison de 30 kilog. le mètre courant à 9,750 kilomètres de voie en 1882 contre 7,000 en 1881 et 6,300 en 1880. Une bonne partie de ces rails est pour l'entretien et le renouvellement des voies, mais on ne doit pas moins admettre que la construction des chemins de fer a été très active dans les autres pays pendant l'année qui vient de s'écouler. Ainsi le

Mexique emploie uniquement des rails anglais et il en consomme probablement plus que l'Europe tout entière en dehors de la Grande-Bretagne, cependant les rapports du *Board of Trade* continuent à le comprendre sous la rubrique « autres pays. »

Le Canada a importé 14 pour 100 de rails anglais de moins que l'année précédente. L'exportation des rails anglais dans les divers États de l'Europe est devenue peu importante relativement. Il y eut un temps où l'Angleterre fournissait de rails toute l'Europe à l'exception de la Belgique. L'année dernière l'Allemagne n'a importé que 80 tonnes de rails anglais et elle a exporté une quantité de rails très considérables. La France et l'Autriche-Hongrie ne figurent pas parmi les contrées auxquelles l'Angleterre a fourni des rails en 1882. Pour les divers États tels que la Russie, la Suède et Norwège, l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie, les chiffres des trois dernières années sont :

	1880	1881	1882
tonnes	40.711	50.242	92.530

Ces divers pays comptent ensemble 80,000 kilomètres de chemins de fer, de sorte que les chiffres ci-dessus ne représentent qu'une faible partie des rails que nécessiterait le renouvellement seul, sans parler de la construction des lignes nouvelles.

Si on laisse de côté l'Italie qui a consommé les trois quarts du chiffre de 1882, il reste 21,400 tonnes de rails pour 70.000 kilomètres en 1882, ce qui fait moins de 300 kilogrammes soit 10 mètres de rails par kilomètre de voie, ce qui indique avec la plus grande évidence le rôle insignifiant que jouent les rails anglais sur le continent Européen.

Le marché étranger le plus important est actuellement constitué par l'Amérique et les colonies de l'Inde et de l'Australie ; ces contrées ont en 1882 pris 500,000 tonnes sur 780,000. Le Brésil a une certaine importance bien qu'il soit encore dans les consommateurs de second ordre : il a pris en 1882 46,000 tonnes, le double à peu près du continent européen.

En ce qui concerne les États-Unis, nous avons donné plus haut les chiffres relatifs aux trois années 1880, 1881 et 1882, mais ces chiffres ne suffisent pas pour montrer la variation du mouvement de ce commerce, il s'y est produit des variations singulières d'une partie de l'année à l'autre. Ainsi, si on divise l'année en deux parties, on trouve les résultats ci-dessous.

	1879	1880	1881	1882
Première moitié de l'année ..	7,730	125,578	157,824	122.801
Deuxième moitié de l'année..	36,840	93,697	132,316	72,210
Proportion de la deuxième moitié au total..........	87.2	42.7	45.6	37.0

Au commencement de 1879 le prix des rails d'acier à l'usine était aux États-Unis de 210 francs la tonne. Il n'avait été importé en tout dans l'année précédente que le chiffre insignifiant de 9 tonnes. Dans la première

partie de l'année 1879 les prix étaient bas et l'importation presque nulle, mais en août les demandes augmentèrent considérablement de même que les prix et au commencement de 1880 les rails d'acier étaient côtés 350 francs, six mois après 425 francs. Ces prix élevés amenèrent naturellement une importation considérable de rails anglais. A la fin de 1880 les rails étaient redescendus à 295 francs et ils restèrent à ce prix toute l'année 1881 et le commencement de 1882. Au milieu de cette dernière année les prix tombèrent à 250 francs et, dans les derniers mois, à 200 fr.; il y a même eu quelques marchés à 195 francs. Même à 250 francs, il n'y a pas de profit à importer des rails anglais et c'est ce qui explique la diminution des chiffres dans les derniers temps. Les rails qui sont encore venus vers la fin de l'année étaient déjà commandés depuis quelque temps, sans quoi il est très probable que, dès le mois de juin ou tout au moins d'août, les importations de rails anglais aux États Unis seraient tombées à zéro.

Il est à remarquer que cette grande diminution dans les prix et dans les importations de rails s'est produite précisément dans l'année où la construction des chemins de fer a été la plus active aux États-Unis. Mais, dès le commencement de l'année, les usines américaines avaient été considérablement agrandies et actuellement leur capacité de production est largement suffisante pour répondre à la totalité de la demande, bien que la consommation de rails de fer ait presque complètement cessé.

Ce dernier fait, la réduction de l'emploi des rails en fer dans l'année où la consommation de rails a été la plus considérable, est très remarquable, d'autant plus que les États-Unis étaient jusqu'ici les plus forts consommateurs de rails anglais en fer. Ainsi, en 1880, les États-Unis prenaient en Angleterre autant de rails en fer que de rails en acier, alors que, pour tous les autres pays ensemble, la proportion était de 1 contre 9.

En 1881 les États-Unis prenaient 1 de rails de fer contre 2 de rails d'acier, alors que la proportion était pour les autres pays de 1 contre 17. En 1882 la proportion était pour les États-Unis de 1 à 8 1/4 et pour les autres de 1 à 22.

On peut admettre que l'emploi des rails en fer aux États-Unis est appelé à disparaître dans un avenir très prochain.

(*Railroad Gazette*).

La digue de la Delaware. — La construction de la digue de la Delaware a été commencée en 1829 sur des plans fournis par une commission nommée par le Congrès des États-Unis.

Ce projet comprenait la construction dans la concavité de la baie de la Delaware, en dedans du cap Henlopen, de deux môles massifs en pierres perdues séparés par un intervalle d'environ 400 mètres; le plus grand des deux môles appelé le brise-lames, devait avoir 780 mètres de longueur et $4^m,20$ de hauteur au-dessus des basses mers, de manière à former un mouillage à l'abri des coups de vent du nord et de l'est; l'autre appelé le

brise-glaces devait avoir la moitié de la longueur du précédent et la même hauteur pour protéger les navires contre les vents du nord-ouest et les débâcles de glace de la baie.

La pierre employée dans ces travaux était brute et par blocs variant de une à sept tonnes, les plus petits formant le corps de la digue et les plus gros le revêtement extérieur qui subit directement le choc des vagues.

Pendant dix ans les travaux furent poussés avec une activité telle qu'en 1839 on avait immergé 835,000 tonnes de pierres. Depuis cette époque, l'avancement a été assez irrégulier jnsqu'en 1869 où on a atteint l'état actuel.

Le brise-lames a' 780 mètres de longueur à la partie supérieure et le brise-glaces 414 mètres. La largeur moyenne des deux est de 6^{m},70 au sommet, 48 à la base et la hauteur est de 4^{m},20 au-dessus des basses mers moyennes.

La rade ainsi fermée remplit parfaitement le but qu'on s'etait proposé; mais le développement considérable de la navigation, surtout depuis vingt cinq ans, l'a rendue totalement insuffisant.

On a proposé fréquemment des projets pour accroître l'aire abritée ; et, l'année dernière, un rapport du major Ludlow, du génie des États-Unis indiquait qu'en dehors de la faible surface abritée, la profondeur d'eau diminuait notablement. Les ingénieurs recommandèrent alors un plan consistant à fermer l'ouverture existant entre les deux môles, ce qui quadruplera la surface abritée et empêchera l'accès des dépôts dans la rade.

On propose de fermer la passe par une construction en béton reposant sur une fondation en pierres perdues et on procéderait comme suit :

On établirait sur cette passe un pont en charpente avec des travées de 4^{m},80. Chaque palée du pont serait formée de trois pieux, dont celui du milieu vertical et les deux autres inclinés suivant le talus à donner au mur en béton. Le pont porterait une double voie de chemin de fer pour le transport des matériaux.

Une fois le pont achevé, on immergerait des blocs pesant une tonne au moins et trois en moyenne et on éleverait cette digue en pierres perdues jusqu'à 3^{m},50 au-dessous des basses mers moyennes sur une largeur de 15 mètres avec un talus de 1 pour 2.

La construction en béton commencerait alors à 3^{m},50 au-dessous des basses mers, sur une largeur de 7^{m},50 et sur une hauteur de 7^{m},50 également, avec un talus de 1 à 4 et une largeur au sommet de 3^{m},60.

Le béton serait coulé sous forme de blocs ayant la section indiquée cidessus et une longueur de 4^{m},80 correspondant à celle des travées du pont. Pour cela les palées seraient fermées par des cloisons mobiles en bois à l'intérieur desquelles on coulerait le béton et qu'on enlèverait une fois

que celui-ci aurait acquis une dureté suffisante. Ce travail va être commencé et on espère qu'il pourra être achevé en cinq ans.

(*Engineers Club of Philadelphia.*)

Les incendies à Londres. — Si on prend pour terme de comparaison le nombre d'incendies survenu par an et par 100,000 habitants, on trouve que ce coefficient a été pour Londres en 1882 de 49,47. La moyenne des 16 années se terminant en 1848 donnait 33,26, la moyenne des 16 suivantes 40,82 et la moyenne des 16 se terminant en 1880 de 48,36. On voit que l'accroissement de la fréquence des incendies est continue, mais il y a des anomalies considérables d'une année à l'autre; ainsi le coefficient a été de 60,7 en 1870 et de 45,3 en 1872.

Si l'on ne prend que les incendies sérieux, les chiffres sont très différents. En 1872 il y en a eu 3,6 par 100,0000 habitants; depuis six ans la proportion n'a pas dépassé 4; en 1882 elle a atteint 4,21. On a beaucoup fait pour prévenir l'importance des incendies, soit par les bouches d'eau, les avertisseurs électriques, etc., et surtout par les *Building Acts* ou règlements sur les constructions, car c'est l'entassement des maisons et surtout des magasins à grand nombre d'étages dans des rues étroites qui présente le plus de danger de développement des incendies. On peut également citer les ascenseurs comme une cause sérieuse de propagation du feu dans les bâtiments.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Décembre 1882.

Séance du 22 décembre 1882. Rapport sur l'État financier de la Société et sur les comptes des années 1879, 1880, 1881.

Éloge de Gabriel Davioud, architecte, par M. Ch. Rossigneux.

Notice sur Édouard Evrard, opticien, par M. le Roux.

Rapport de M. Du Moncel sur les travaux de M. Gaston Planté.

Rapports sur les prix décernés par la Société.

Discours prononcés à l'occasion de la remise à M. Dumas de la médaille commémorative du cinquantième anniversaire de son élection à l'Académie des Sciences.

Janvier 1883.

Liste des membres titulaires et des membres honoraires du conseil d'administration.

Rapport de M. ROUSSELLE sur le système de **vidange pneumatique** de M. BERLIER.

Le système de M. Berlier consiste dans l'enlèvement des matières de vidanges par une canalisation souterraine; sous le tuyau de chute des latrines est placé un récipient en fonte, contenant un panier circulaire dont le pourtour est fait en treillis de fer galvanisé, lequel panier peut recevoir un mouvement de rotation; le panier reçoit les matières et tout ce qui est projeté dans les latrines, laisse passer les liquides et les matières pâteuses et retient les corps solides qui pourraient obstruer les conduites. Un second récipient en fonte contenant un flotteur qui soulève une soupape communique avec le premier et donne naissance à la soupape d'aspiration.

M. Berlier a appliqué son système à la caserne de la Pépinière et à quelques maisons voisines; la conduite est en fonte de $0^m,15$ de diamètre et est placée dans l'égout collecteur d'Asnières jusqu'à Levallois-Perret où se trouve une pompe rotative actionnée par une machine à vapeur. Les liquides et les gaz aspirés sont rejetés dans l'égout d'Asnières au point où cet égout reçoit les eaux du collecteur de la rive gauche.

Le rapport conclut que, si l'on ne peut considérer ce système comme supprimant tous les embarras inhérents à l'enlèvement des déjections dans les villes, il permet, dans beaucoup de cas, de supprimer les fosses, les tuyaux d'évent et le transport des matières fécales sur la voie publique.

Rapport de M. DAVANNE sur les procédés de **zincographie photographique** employés au ministère des Travaux publics pour la reproduction des écritures et des plans.

Ces procédés consistent à employer des plaques de zinc bien décapées et préparées par l'acidulation à l'acide nitrique de manière à avoir un léger grenage chimique. On couvre ces plaques d'une préparation gallique; on sèche, puis on recouvre la plaque de bitume de Judée; on expose la plaque à la lumière sous le calque à reproduire, on chauffe légèrement à l'étuve et on développe à l'essence; on dissout le bitume du fond à la benzine et la plaque peut être livrée à l'imprimeur pour subir les opérations habituelles de la lithographie pour l'encrage et l'impression.

Rapport de M. Sebert sur un **fer à souder chauffant au gaz** de M. Sourdat.

Rapport de M. Péligot sur un **perfectionnement aux besicles ou pince-nez**, par M. Portier-Michaels.

Note sur la purification des carbones graphitoïdes, naturels ou artificiels et sur la préparation directe du carbone pur graphitoïde, destinés principalement à l'éclairage électrique, par M. Jacquelain.

Note sur les œuvres complètes de sir Benjamin Thompson, comte Rumford, publiées par l'Académie des arts et des sciences de Boston, par M. J.-B. Dumas.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Janvier 1883.

Note sur la **qualité des matériaux d'empierrement** de provenance extérieure, employés dans le département de l'Aisne, par M. Menche de Loisne, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur la **jonction des caissons dans les fondations à l'air comprimé**, par M. Mengin, ingénieur en chef des ponts et chaussées.
On a employé des caissons pour les fondations des deux barrages éclusés du port de Saint-Malo-Saint-Servan et l'entrepreneur M. Zschokke a employé, pour vider les puits formés par des cavités à section rectangulaire et génératrices verticales ménagées dans les abouts des caissons, et remplir ces puits de maçonnerie, un petit caisson mobile, suspendu à des vérins qu'on descend d'abord dans les puits pour opérer le vidage et qu'on remonte ensuite par une manœuvre inverse pour opérer le remplissage en beton. On a ainsi opéré vingt-deux jonctions dans de bonnes conditions.
Pour le barrage éclusé de Saint-Servan, où il fallait descendre de 9 à 10 mètres au-dessous du fond du port, on a employé une cloche mobile carrée de $2^m,80$ de côté.

Calcul et tracé des **panneaux des voûtes biaises**, par M. Fortet, ingénieur civil.

Étude sur **l'influence des irrigations sur l'altitude d'une nappe souterraine** avec application aux irrigations pratiquées à

Gennevilliers, par M. Bazaine. Ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur auxiliaire des travaux de l'État.

Cette note comprend :

1° La théorie mathématique de quelques cas particuliers du mouvement des eaux à travers un sol perméable ;

2° L'application de cette théorie à quelques exemples tirés de la pratique des irrigations à Gennevilliers ;

3° La comparaison des conséquences de cette application avec les faits observés.

Les conclusions de l'auteur sont :

1° Dans l'enceinte de la zone irriguée, les déversements peuvent atteindre des hauteurs considérables, s'ils se succèdent pendant un temps assez long et dans d'assez fortes proportions.

2° En dehors de la zone irriguée, le bombement disparaît à une faible distance du périmètre (moins de 50 mètres) et ne se propage qu'avec une extrême lenteur.

L'expérience s'est jusqu'ici prononcée en faveur de ces conclusions.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 3 février 1883.

Communication de M. Rollet sur **l'épuration des fontes.**

Communication de M. Baretta sur la **Lampe de Beaubrun.**

Ce type de lampe est une lampe Mueseler, munie d'un double treillis, recouvert d'un écrou portant à sa base une galerie d'entrée d'air abritée elle-même par une couronne établie à la hauteur voulue dans l'ouverture extérieure et faisant corps avec elle.

L'emploi de ces éléments combinés avec les positions relatives des autres pièces de la lampe permet de diminuer les cônes d'ombre, d'accroître l'angle d'inclinaison de la lampe, de protéger les treillis et le diaphragme contre les chocs, l'eau et les poussières, et de soustraire la flamme à l'action des courants d'air plus ou moins violents, lesquels sont une cause pratique de danger.

Reproduction autographique des empreintes. Communication de M. Chansselle.

Communication de M. Charousset sur le **rendement de machine électrique à machine électrique dans les applications de l'électricité au transport de la force.**

La conclusion est que, dans le cas particulier que l'auteur a en vue, la distance qui sépare les deux machines étant de 1,200 mètres, la machine réceptrice utilise la moitié du travail qui est fourni à la génératrice par la machine à vapeur.

Communication de M. Chalmeton sur **l'éclairage électrique des usines de l'Horme.**

Cet éclairage se compose de six lampes Brush desservies par une machine Brush du type dit de 6 foyers. Les lampes sont placées sur le même circuit : elles sont à charbon inférieur fixe et charbon supérieur mobile ; il y a dans chaque lampe deux paires de charbons et l'éclairage peut atteindre une durée de 16 heures.

La dépense totale, y compris la machine à vapeur de 6 chevaux, a été de 15,100 francs ; la longueur du circuit est de 1,340 mètres. La dépense journalière pour 6 lampes fonctionnant 13 heures est de 20 fr. 20 dont 5 fr. 50 de main-d'œuvre et 8 francs de crayons et 4 fr. 70 de combustible, ce qui fait 0 fr. 26 par lampe et par heure.

Ce chiffre est un maximum parce que certains éléments, la main-d'œuvre par exemple, n'augmenteraient pas pour un éclairage notablement plus considérable.

L'éclairage au gaz coûtait précédemment 10 fr. 37 par nuit de 13 heures c'est-à-dire la moitié seulement de la dépense de l'éclairage électrique, mais ce dernier donnant avec six lampes 450 carcels, la carcel ne revient qu'à 0 fr. 045, tandis qu'elle reviendrait avec le gaz à 0 fr. 40, soit 8 fois plus.

On a donc avec l'électricité une lumière beaucoup plus intense qui rend la manutention des fers et la surveillance des cours incomparablement plus faciles qu'auparavant.

Conférence sur **l'assurance sur la vie** faite à l'École des mines de Saint-Étienne, par M. L. Badon-Pascal (deuxième partie).

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

1re *livraison de* 1883.

L'angle de frottement, par M. G. Hermann, à Aix-la-Chapelle.

Machine Compound d'épuisement souterraine des puits Mayrau de

la Société métallurgique de Prague, à Kladno, par M. A. Riedler à Munich.

Chauffage par la chaleur emmagasinée, par M. H. Fischer à Hanovre.

Effet utile, et consommation de vapeur et de combustible d'une machine Compound de 200 chevaux avec foyer Tenbrink, par M. R. Lange, à Cannstatt.

Fer et acier, par M. A. Martens, à Berlin.

Fonçage du puits Mayrau.

Transport de force par l'électricité à la houillère de la Péronnière.

Grosses machines électriques pour éclairage.

Perfectionnements dans la fabrication de l'acier Bessemer.

Éclairage électrique de l'avant des locomotives.

Le rivetage par pression hydraulique.

Calcul de la résistance des navires, par M. W. Riehn.

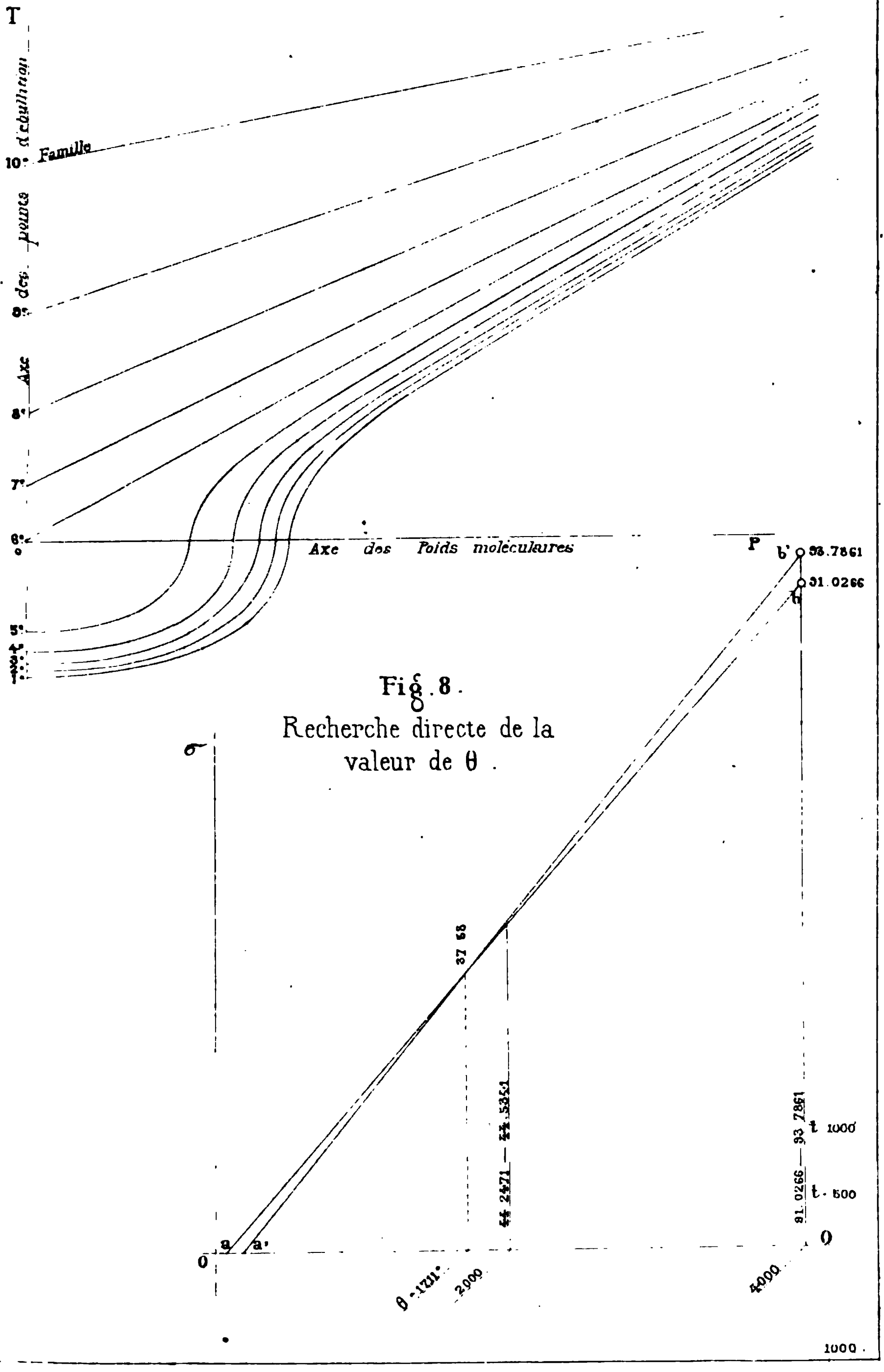
Les Experimenta nova Magdeburgica, de Otto de Guericke, par le Dr H. Zerener.

Correspondance : les nouveaux freins.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.



Auto-Imp. A. Broise & Courtier 43, rue de Dunkerque. Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1883

N° 4

Pendant le mois d'avril, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Exposition internationale de Nice* (séance du 6 avril, page 471).

2° *Voyage au Havre, visite au paquebot « la Normandie »* (séance du 6 avril, page 472).

3° *Canal maritime de Saint-Pétersbourg à Cronstadt*, par M. Sergueeff (séance du 6 avril, pages 480 et 512).

4° *Sociétés coopératives en Angleterre* (*Mouvement sur les*), par M. E. Simon (séance du 6 avril, pages 483 et 549).

5° *Transport de l'Énergie sous forme mécanique par les machines dynamo-électriques*, lettre de M. Cabanellas (séance du 20 avril, page 485).

6° *Simplon* (*Traversée des Alpes par le*), par M. Meyer (séance du 20 avril, page 492).

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

De M. Browne, ingénieur, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Student's Mechanics, an introduction to the study of force and Motion*

De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Die Fortsetzung der K. K. Bosuabahn Von sarajevo an's Meir.*

De M. Haag, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de son mémoire sur le *Métropolitain de Paris et l'élargissement de la rue Montmartre*

De M. Moreaux Félix, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur la *Recherche du meilleur mode de navigation sur le Rhône*

De la Société nationale d'agricolture de France, son *Annuaire pour l'année* 1883.

De M. Lommel, membre de la Société ; 1° des exemplaires de sa brochure : *Examen critiques auxiliaires concernant les nouvelles études de la rampe d'accès méridionale du grand tunnel alpin du Simplon ;* 2° un exemplaire de son *Étude de la question de la chaleur souterraine, et de son influence sur les projets et systèmes d'exécution du grand tunnel alpin du Simplon ;* 3° un exemplaire des *Plans et profils à l'échelle de* 1/1000 *et* 1/2000 de son projet.

De M. L. Hervier, ingénieur, un exemplaire de sa note sur les *Appareils à vapeur* (Explication du décret du 30 avril 1880).

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bougenaux,	présenté par MM.	Ivan Flachat, Marché et Moreau A.
Catelin (de),	—	Ivan Flachat, Marché et Moreau.
Delanoé,	—	Moreau, Noblot et Des Tournelles.
Diemer,	—	Georgin, Mesnard et Schmitz.
Madrid-Davile (de),	—	Carimantrand, Marché et Péreire.
Neujean,	—	Bronnes, Clerfayt et Delsa.
Personne,	—	Lecocq, Marché et Mayer.
Pierron,	—	Blanche, Cahen A. et Guyenet.
Stevenin,	—	Coste, Denis et Jullien.
Vernes,	—	Fontaine, Josse et Seyrig.
Vivarez	—	Carimantrand, Fontaine et Marché.

Comme Membres associés :

MM. Dehaitre,	présenté par MM.	Blanche, Cahen A. et Guyenet.
Moussard,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Perny,	—	Michaud, Rey et Vallot Henri.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1883

Séance du 6 Avril 1883.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 mars est adopté.

M. le Président informe la société que des expériences publiques auront lieu la semaine prochaine, dans les ateliers de M. D.-E. Farcot, 222, rue Lafayette sur une machine Compound marchant à la vitesse de 350 tours, construite spécialement pour commander des machines dynamo-électriques et que les membres de la Société sont invités à y assister.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante adressée au Président par M. Borriglione, maire de Nice :

« Monsieur le Président,

« Nous avons l'honneur de vous annoncer que le comité d'initiative de l'Exposition internationale de Nice vous a désigné, à l'unanimité, pour faire partie du comité de patronage des sections de l'*Industrie et des Arts Industriels*, qui vient d'être institué.

« Nous espérons que vous voudrez bien accepter ce titre et répondre ainsi au vœu de notre Comité.

« Nous espérons aussi que vous voudrez bien constituer un Comité d'initiative composé des ingénieurs que vous présidez et des grands industriels avec lesquels vous vous trouvez en relations permanentes.

« La réussite complète de l'Exposition organisée l'an dernier à Bordeaux constitue un précédent des plus favorables pour le succès de l'Exposition de Nice, dont le climat privilégié attire par lui-même de si nombreux visiteurs pendant l'hiver.

« Un très grand nombre d'adhésions sont déjà parvenues au commissariat général, et l'organisation de l'Exposition est d'ailleurs assurée de manière à pouvoir satisfaire, dans la plus large mesure, aux demandes des exposants.

« Nous vous adressons un certain nombre d'exemplaires du règlement, du bulletin d'admission et de la classification générale de l'Exposition, et nous vous serions très reconnaissants de vouloir bien les communiquer à messieurs les membres composant votre association.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de nos sentiments les plus distingués. »

« Le Président de la Chambre
de Commerce de Nice,
Vice-Président du Comité d'inititive
« de l'Exposition de Nice. »
Eugène ABBO.

« Le Maire de Nice, député.
Président du Comité d'initiative
de l'Exposition de Nice.
« BORRIGLIONE. »

Des exemplaires du règlement de l'exposition de Nice sont à la disposition des membres qui voudront y prendre part.

M. LE PRÉSIDENT prononce ensuite l'allocution suivante :

— Messieurs, vous savez que, samedi dernier, sur l'invitation de la Compagnie Transatlantique, un certain nombre de membres de la Société des Ingénieurs civils se sont rendus au Havre pour visiter le nouveau paquebot la *Normandie*. Soixante-dix membres de la société s'étaient fait inscrire pour ce voyage, sur l'appel fait aux séances précédentes, et se sont presque tous rendus au Havre.

J'avais pensé que nous ne devions pas nous contenter de la visite du nouveau paquebot, et que nous devions profiter de notre séjour au Havre pour nous occuper des améliorations du port.

Les questions de ports sont des questions tout à fait nationales, et nous devons saisir toutes les occasions qui peuvent se présenter de les élucider.

Je crois devoir vous faire un compte rendu succinct de notre voyage, quoique j'aperçoive ici un certain nombre des membres qui ont assisté à cette excursion.

Nous sommes partis le samedi 31 mars, à 7 heures 45 du matin, par le train dit «Transatlantique;» c'est un train spécial que la Compagnie Transatlantique met toutes les semaines, à une heure variable, suivant la marée, à la disposition de ses passagers et qui, par conséquent, correspond avec le départ du paquebot du Havre pour New-York.

Ce train suit la voie ferrée établie sur les quais le long des bassins, de manière à permettre aux passagers de descendre, non à la gare, mais à la tente de la Compagnie Transatlantique. Les voyageurs sortent du train avec leurs bagages et montent immédiatement sur le paquebot.

Je dois vous dire que tous ceux des membres de la Société qui se sont

fait inscrire pour ce voyage, ont obtenu de la compagnie de l'Ouest des billets de demi-place et l'autorisation de monter dans ce train spécial.

Arrivés au Havre, nous sommes montés sur la *France*, qui se préparait à partir pour New-York avec plus de 800 émigrants. Nous avons assisté, sur le navire lui-même, aux manœuvres difficiles auxquelles ces grands paquebots sont assujettis pour sortir du bassin, entrer dans l'avant-port et sortir entre les jetées. Nous avons eu toutes les émotions d'un départ pour New-York, émotions atténuées toutefois par la certitude de rentrer au Havre une heure après notre départ. La *France* en rade, nous sommes descendus sur le remorqueur la *République* qui ramène le pilote. Nous y avons trouvé M. Vial, agent principal de la Compagnie Transatlantique, qui avait préparé tous les plans de la rade, et qui nous a fait une conférence très intéressante sur le projet de digue destinée à protéger la rade du Havre, question dont M. Bert, il y a un an, avait déjà entretenu la Société dans une de nos séances. Les explications de M. Vial sur les bancs de l'Éclat, sur le passage le long de la côte de la Hève par le chenal, ses considérations sur les courants et sur les effets possibles de la digue ont été sténographiées; la copie vient de m'en être remise, et sera insérée dans le compte rendu.

Rentrés au Havre, nous nous sommes réunis dans les bureaux de la Compagnie Transatlantique. J'ai à remercier la Compagnie Transatlantique non seulement de nous avoir si bien reçus, mais surtout d'avoir bien voulu, à trois reprises différentes, mettre à la disposition de la Société des Ingénieurs civils, une salle spéciale (laquelle a été, deux fois, le salon de la *Normandie*), pour tenir les séances de la société dont le compte rendu sera publié.

A cette première séance, j'ai d'abord eu à faire donner lecture d'une communication de M. Hersent qui, ne pouvant se joindre à nous, était venu à la gare Saint-Lazare me remettre une note dans laquelle il avait exprimé ses idées personnelles sur les travaux à exécuter dans le port du Havre. Puis, est venue une communication de M. Vial sur l'histoire de la rade du Havre, dans laquelle nous avons appris que ce projet d'une digue pour lequel le Havre se passionne aujourd'hui remontait à Vauban, c'est-à-dire à deux cents ans.

Après la communication de M. Vial, M. le commandant Servan a pris la parole.

M. le commandant Servan, dont je vous parlerai tout à l'heure, et auquel la Compagnie Transatlantique a confié le commandement de la *Normandie*, était membre de la commission Nautique constituée au Havre, il y a quelque temps, pour procéder à une enquête sur le projet de l'administration qui consiste à faire un dixième bassin et le projet de l'établissement d'une digue sur les rochers de l'Éclat. M. le commandant Servan n'a pu donner son opinion personnelle, puisqu'il était membre de la commission d'enquête, mais il a résumé l'opinion de tous les marins et

de tous les pilotes de la région qui sont tous partisans de la construction de la digue.

Nous avons eu ensuite une série d'observations de M. de Coene, que vous avez déjà entendu ici sur ces questions.

Puis on nous a soumis le projet de M. Poudavigne, agent de la Compagnie des Chargeurs Réunis qui propose de faire de nouveaux bassins, à la place des anciens bassins qui deviennent inutiles aujourd'hui, en supprimant tout un quartier du Havre, le quartier Saint-François.

Toutes ces communications, d'un très grand intérêt, vont être imprimées dans un compte rendu spécial, et je vous propose, après qu'on aura pu en prendre connaissance, d'en causer ensemble dans une prochaine séance, et d'avoir une discussion générale appuyée sur ces documents.

Après cette séance, quelques-uns d'entre nous se sont rendus chez M. Bert qui nous a exposé de nouveau ses idées personnelles sur l'endiguement de la rade.

Le soir, nous nous réunissions dans le salon du paquebot *la Normandie*.

Notre collègue, M. Boistel, avait bien voulu se charger de faire une conférence sur l'installation de l'éclairage électrique de la *Normandie*, installation faite par la maison Siemens, de Londres.

Dans cette conférence, M. Boistel a rappelé l'ensemble des principes sur lesquels est basée la construction des machines dynamo-électriques.

L'installation dont vous trouverez tous les détails dans le compte rendu qui sera imprimé paraît devoir réaliser complètement le problème de la division de la lumière.

Des lampes à arc voltaïque pour l'éclairage des machines et pour les feux de bord et 390 lampes à incandescence (système Swan) pour les cabines, les couloirs et les salons sont alimentées par trois machines indépendantes ; un commutateur d'une disposition remarquable permet d'alimenter ces divers foyers par chacune des machines ou par une batterie d'accumulateurs et d'allumer ou d'éteindre un nombre quelconque de lampes sans modifier les conditions de leur fonctionnement.

Le dimanche, 1er avril, nous étions invités par notre collègue M. Hallier à visiter les travaux du neuvième bassin dont il dirige l'entreprise, et nous avons procédé à cette visite de huit heures à neuf heures du matin, heure de la marée basse.

Ce neuvième bassin, dont l'achèvement est attendu au Havre avec une grande impatience, sera terminé en 1884. Les fondations des murs de ce bassin, entièrement pris sur la mer, et d'une digue de 1000 mètres qui permettra d'établir un large quai entre le bassin et la mer, sont exécutées par des procédés très simples, mais elles présentent une grande difficulté parce qu'on ne peut travailler qu'à basse mer, ce qui ne permet de disposer que de deux heures de travail par jour. Les fondations terminées, le travail marchera rapidement.

Ensuite, à dix heures, avait lieu dans le salon de la *Normandie* la séance qui devait précéder et préparer la visite des aménagements du paquebot.

M. Audenet, ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique avait préparé une note donnant la description générale du paquebot et consacrée surtout à la machine.

M. Maquin, ingénieur de la Compagnie, nous a lu cette note en y ajoutant des observations personnelles du plus haut intérêt.

Il a été ensuite procédé, sous la direction des ingénieurs et des officiers de la Compagnie, a une visite très complète, très détaillée de tous les appareils et des aménagements du navire.

Enfin, vers trois heures, nous avons été, sous la conduite de notre collègue M. Marmiesse et des ingénieurs de la Société des Forges et Chantiers, visiter aux chantiers de Graville, un transport de l'État, la *Nive*, qui doit être lancé le mois prochain.

Vous voyez, Messieurs, que nous avons bien employé ces deux journées.

Je dois remercier, au nom de tous ceux des membres qui sont venus au Havre, la Compagnie Transatlantique de l'excellent accueil qui nous a été fait et de toutes les facilités qui nous ont été fournies pour tenir nos réunions.

Je remercie spécialement notre collègue M. Chabrier qui, en sa qualité d'administrateur de la Compagnie, nous a guidés dans toutes nos excursions avec tant de cordialité et d'entrain.

Nous sommes également reconnaissants du concours qu'ont bien voulu nous prêter dans nos séances et dans nos visites, MM. Maquin et Vial, de la Compagnie Transatlantique et nos collègues MM. Audenet, Hallier, Marmiesse, Boistel, etc.

Enfin, Messieurs, quand on quitte un navire sur lequel on a été reçu, on prend congé de son commandant, mais en vous parlant du lieutenant de vaisseau Servan, auquel la Compagnie Transatlantique a confié le commandement de la *Normandie* qui doit commencer son service le 5 mai prochain, je ne puis résister au plaisir de vous le faire connaître tout à fait.

M. Servan commandait le *Labrador* dans cette émouvante traversée dont vous avez lu le récit dans les journaux et dans laquelle il a, pendant quatre jours, par une tempête terrible, fait des efforts surhumains pour retrouver la *Picardie*.

M. le lieutenant de vaisseau Servan, avant d'être attaché à la Compagnie Transatlantique, s'était déjà distingué dans des circonstances toutes particulières, lors de l'insurrection des Canaques, à la Nouvelle-Calédonie.

Il commandait alors (en 1878) la station de Canala, et dès que la première nouvelle du soulèvement des Canaques lui parvenait, il demandait au gouverneur de le laisser partir, seul, avec les tribus de son arrondissement pour venir au secours d'Uaraï, attaqué par les sauvages.

Il partit donc, seul, sans soldats, avec les tribus de Canala, et je tiens à vous lire la fin du récit qu'a donné M. H. Rivière, dans la *Nouvelle Revue*, de cette téméraire expédition :

« Le moment est arrivé, l'aube naît. Du haut d'une colline et grandissant « sous la lumière, on aperçoit le pays insurgé. Ce sont les vallées de la « Foa et de la Fonimolo, les plaines de la Fomvari et tout au loin la mer.

« On s'arrête et l'arrêt se prolonge. Les chefs se sont remis à délibérer.
« Cependant quelques Canaques se sont répandus dans les alentours. Ils « découvrent une maison de colon récemment incendiée et qui fume « encore. Il n'en reste que les décombres. Des cadavres de blancs, mutilés, « sanglants, à demi-brûlés, gisent sur le sol, dans les cendres. Ces Cana- « ques aussitôt accourent, préviennent les chefs. Ceux-ci vont voir. Il se « manifeste, parmi les sauvages, une émotion extrême. Il ont senti le sang, « la bête féroce s'éveille en eux. Les chefs reviennent très agités. Ils ne « délibèrent plus dans le calme, parlent à la fois. Il est clair que l'insur- « rection est la plus forte, il y a lieu d'y prendre rang et de s'y affirmer en « tuant l'officier. Gelima seul ne dit rien, Maurice intercède peut-être. Mais « Nondo s'exalte, entraîne les autres. Il a les yeux rouges, le geste mena- « çant. Il va marcher vers Servan.

« C'est Servan qui marche à lui. — Nondo, lui dit-il en souriant, je te « donne ma carabine.

« Ces paroles, dans un tel moment, paraissent singulières. Nondo « demeure interdit. A moi? dit-il.

« Oui, à toi. Si nous devons combattre ensemble avec le colonel et les « soldats que nous allons trouver là-bas, c'est un cadeau que je t'aurai « fait. Si au contraire, tu me tues comme tu sembles en avoir l'intention, « tu ne pourras te vanter de me l'avoir prise.

« Un murmure de surprise et d'admiration court parmi les sauvages. « Nondo reçoit la carabine et rougit de plaisir. Il serre la main de Servan « et lui dit : Nous sommes avec toi, conduis-nous au colonel.

« Dès lors, il n'y eut plus d'hésitation, et quelques heures plus tard, à la « Foa, Servan se rencontrait avec le colonel Galli. » (*Applaudissements.*)

Ce trait d'héroïsme, que vous applaudissez, achève de peindre le jeune commandant de la *Normandie* et vous jugerez sans doute avec moi qu'il y a lieu de se féliciter de voir le plus grand de nos paquebots transatlantiques entre les mains d'un officier qui a autant de bravoure et de sang-froid devant les hommes que devant les éléments. (*Vive approbation.*)

Je n'ajouterai rien, en ce qui concerne le port du Havre, puisque vous aurez bientôt en main des documents complets.

Mais au sujet de la construction même de la *Normandie*, je vous demande la permission de vous faire quelques reflexions. Je ne sais pas si ceux de mes collègues qui ont vu ce navire ont éprouvé les sentiments que j'ai éprouvés moi-même et que je tiens à vous exprimer. J'allais visiter ce paquebot, qui sera probablement le dernier construit en Angleterre, pour nos services transatlantiques, avec une certaine angoisse patriotique.

Je laisse bien entendu de côté les circonstances fort justifiables et que nous n'avons pas à apprécier, qui ont obligé jusqu'ici la Compagnie Transatlantique à commander des navires en Angleterre.

Je craignais d'avoir à constater, dans notre visite, soit dans les dispositions, soit dans le choix des matériaux, soit dans leur mode d'emploi, des faits ou des procédés qui auraient pu constituer des causes d'infériorité

pour l'industrie des constructions navales en France. Heureusement il n'en est rien. Mais avons appris, avec plaisir, que les projets et les plans du navire avaient été faits à Paris, par M. Audenct et son personnel; par conséquent, comme disposition et aménagements d'ensemble, ce paquebot est bien français. Comme matière et comme mode de construction, il y avait un point qui me préoccupait. Les Anglais sont beaucoup plus hardis que nous en ce qui concerne l'emploi de l'acier dans la construction des navires, et je m'attendais à quelques surprises à cet égard; mais la première chose qu'à dite M. Maquin, c'est que, d'accord avec les constructeurs anglais qui avaient été consultés à cet égard, on avait reculé devant l'emploi de la tôle d'acier pour la construction des chaudières, parce qu'il y avait, chez ces constructeurs, à l'époque de la commande une certaine réaction contre l'emploi de l'acier, et les chaudières ont été faites en tôle de fer.

Pour la coque, on nous a dit que les questions de fret pour les paquebots qui vont en Amérique n'exigeaient pas, pour la construction de nos bateaux, la recherche de la plus grande légèreté possible, qu'on avait plutôt besoin de lest au retour et qu'on avait à satisfaire à de telles conditions spéciales de fret, qu'on ne devait pas chercher à alléger le navire. Par conséquent on avait employé la tôle de fer dans la construction de la coque et des membrures.

Enfin, pour l'arbre de l'hélice, on avait également reculé devant l'emploi de l'acier parce que la Compagnie Transatlantique préfère les arbres en fer qui auraient l'avantage d'avertir longtemps à l'avance de la rupture, tandis que l'acier peut donner des ruptures inattendues.

Quand nous sommes allés aux chantiers de Graville, nous avons vu le transport de l'État la *Nive* destiné à la Cochinchine.

La coque est terminée; nous avons vu le travail de chaudronnerie et nous avons pu constater qu'il est très bien fait. Ce navire a une longueur moindre que celle de la *Normandie*, mais il a la même largeur et la même hauteur. Donc, au Havre, en France, on peut faire une coque de navire ayant les mêmes dimensions que la *Normandie* que nous venions de voir.

Quant aux machines et à tous les appareils de l'armement, aucun doute n'est permis. Nous pouvons donc affirmer que, lorsqu'on voudra, notre industrie des constructions navales pourra se développer en France, sans qu'il y ait aucune difficulté au point de vue technique.

Reste la double objection de la rapidité d'exécution et du prix.

Quant à la question de temps, je crois qu'il faudrait d'abord que les grandes compagnies privées, qui font des services publics, comme la Compagnie Transatlantique, comme les compagnies de chemin de fer, comme les compagnies de gaz, eussent elles-mêmes, la sécurité, la certitude du lendemain. Si elles avaient des concessions un peu longues, et l'assurance qu'elles ne seront pas exposées à voir mettre sans cesse en question leurs concessions, leurs tarifs, leurs subventions, leur existence même, les compagnies commanderaient plus tôt et à l'avance le matériel qui leur serait

nécessaire pour satisfaire à l'extension de leurs opérations dont elles pourraient prévoir le développement.

D'autre part, tous les efforts poursuivis pour faciliter les constructions navales, auxquelles se rattachent tant de grandes industries françaises, contribuant à alimenter le travail national, à assurer l'ordre, la stabilité des relations industrielles, le développement de l'outillage, la question du prix de revient pourra également, je l'espère être assez promptement résolue. (*Approbation.*)

M. Quéruel demande d'abord à exprimer la déception qu'il a éprouvée en arrivant au Havre. Les anciens bassins, Vauban, la Barre, le Commerce, et le vieux bassin, autrefois bondés de navires, sont aujourd'hui presque déserts, et leurs quais dégarnis. Il connait le Havre depuis 1836; il y a suivi pendant trente ans l'aménagement de son port et son mouvement maritime. Après dix-sept ans d'absence, sur la foi des récits des vastes changements maritimes qui y avaient été opérés, il ne s'attendait pas à trouver cette morne inactivité qui existe sur les quais intérieurs de la ville.

Il comptait trouver ces quais garnis d'engins de levage perfectionnés, des rails en prolongement du chemin de fer, d'abris permanents; mais rien de cet outillage mécanique n'existe ou à peu près.

Il y a là une situation défavorable pour les intérêts maritimes, à laquelle l'on doit pourvoir, si l'on veut conserver au Havre son rang maritime.

Quant à la communication sur la construction de la *Normandie*, M. Quéruel a déjà eu l'occasion de manifester le regret de voir donner des travaux aussi considérables à l'étranger, au détriment des constructeurs français, et il croit que ce sentiment est partagé par un grand nombre de membres de l'assemblée, puisque M. le Président vient de l'exprimer lui-même d'une façon aussi nette et aussi correcte. Il est heureux, en effet, après avoir vu le navire construit dans les chantiers de la Société des forges et chantiers, de constater que les constructeurs français peuvent soutenir le parallèle avec les constructeurs anglais. Il y a donc lieu d'espérer qu'on réservera, à l'avenir, à ces chantiers, des commandes où nos ingénieurs et nos ouvriers pourront être occupés.

M. Gaudry voudrait un peu rassurer l'assemblée contre les idées un peu pessimistes de notre confrère sur le port du Havre. Il est bien loin, il est vrai, du port d'Anvers et des ports anglais que notre Président nous fera peut-être visiter un jour, mais enfin depuis quelques années, il s'est opéré dans la navigation, des changements considérables. Il y a moins de navires au Havre; mais, il ne faut pas oublier qu'un seul vapeur fait le service de dix voiliers. Il y a une chose certaine, c'est que le tonnage a augmenté au Havre. Ainsi, il ne faut pas nous épouvanter plus que de raison, de voir les anciens bassins, qui manquent de profondeur moins garnis qu'autrefois.

Un armateur qui possédait 10 à 15 voiliers autrefois, possède aujourd'hui

deux ou trois vapeurs et fait beaucoup plus de service. Il est bien certain que des transformations très heureuses ont été faites. Le véritable port du Havre maintenant comprend le bassin de l'Eure, le bassin de la Citadelle et les deux bassins qui se trouvent à gauche et à droite des docks. Nous n'avons pas été voir les docks qui sont aussi importants que ceux d'Angleterre ; ils en diffèrent cependant en ce que les docks anglais sont en hauteur et ont plusieurs étages, tandis que ceux du Havre s'étendent sur une grande surface, et avec très peu d'étages. Maintenant, il ne faut pas oublier l'amélioration de l'avant-port, dont la largeur a été doublée.

M. Gaudry croit que quand on aura le neuvième bassin qui permettra d'entrer tout droit, sans faire le tour que nous avons fait samedi pour sortir avec la *France*, et pour lequel nous avons mis près d'une heure avec un très beau temps, la durée de cette manœuvre sera beaucoup réduite et qu'on pourra sortir du Havre en vingt minutes.

M. Gaudry demande si M. le Président n'a pas l'intention d'appeler un jour l'attention de la Société sur les différents projets de l'amélioration du port du Havre ? Indépendamment du projet de M. Vial, il y eu a un autre de M. Poudavigne qui est très curieux, et d'autres qu'il serait intéressant de connaître.

M. le Président répond qu'il les a cités tout à l'heure ; tous ces projets vont être publiés dans le compte rendu des séances que nous avons tenues au Havre. Il prend des mesures pour qu'il y ait des planches jointes au texte, de façon à nous permettre d'être au courant des projets présentés. Il tâchera d'y faire joindre les procès-verbaux complets de l'enquête nautique qui a eu lieu au Havre il y a deux mois : cela mettra les membres qui ne sont pas venus au Havre, très au courant des projets actuellement soutenus avec une grande persistance et une grande passion. Il y a évidemment, au Havre, un courant d'opinions qui mérite d'être étudié.

M. Gaudry ajoute que M. Poudavigne est l'agent de la Société des Chargeurs Réunis. La flotte des Chargeurs Réunis est remarquable; ce ne sont pas des bâtiments considérables, ce sont des bâtiments de transports ; mais ils ont tous été construits en France et ont très bien résisté.

M. Quéruel fait remarquer, à propos de l'impression défavorable qu'il a exprimée sur les quais du Havre, qu'il n'y a rien d'ajouté, comme moyen d'embarquement ou de débarquement, à ce qui existait en 1836 : c'est exactement la même chose. On remarque quelques grues à bras, rarement des grues à vapeur, et cette opération se fait encore par le moyen de brouettes dont le poids mort égale le poids transporté.

La solution qui paraît préférable est d'enlever le quartier Saint-François, comme le propose M. Poudavigne. Là, on aura un grand bassin très accessible qui sera une véritable amélioration.

M. Le Brun ajoute qu'à son retour du Havre, il s'est arrêté à Rouen, et a constaté que l'aménagement de la Seine pour le mouvement des transports se faisait d'une façon plus intelligente qu'au Havre. Il a remarqué aussi

que la maison Claparède avait des chantiers considérables, où on construisait, entre autres, un aviso pour l'État. La coque de ce paquebot lui a paru d'un travail au moins égal à celui des ouvrages anglais. Les travaux du port de Rouen dont M. de Coene nous a déjà parlé ici avancent assez rapidement. Rouen cherche à se mettre à la hauteur de l'augmentation de son tonnage et il faut espérer que le port de Rouen sera très important dans quelques années.

M. Périssé craindrait que d'un passage de l'allocution de M. le Président, on pût conclure que les forges françaises ne pourraient pas, aussi bien que celles de l'Angleterre, fournir l'acier destiné aux coques, aux membrures, aux chaudières et aux arbres des grands navires. Il tient à constater qu'en fait d'aciéries, nous sommes aussi bien outillés que les anglais et en mesure de fournir les aciers doux qui sont indispensables pour ces ouvrages. Il se réserve d'apporter ultérieurement des documents intéressants à ce sujet.

M. le Président cède le fauteuil à M. de Comberousse, vice-président.

M. Serguéeff donne communication de son mémoire sur le canal maritime de Saint-Pétersbourg à Cronstadt.

Le gouvernement russe achève en ce moment un travail considérable consistant en un canal maritime permettant aux navires de grand tonnage d'arriver jusqu'à Saint-Pétersbourg.

Jusqu'ici les grands bâtiments relâchaient à Cronstadt, port de guerre situé à 32 kilomètres de la capitale et déchargeaient leur cargaison en destination de tout le nord de la Russie sur des chalands de faible tirant d'eau. La perte, pour le commerce, résultant de cet état de choses, se chiffre, d'après les documents officiels à 7 ou 8 millions de roubles. En prenant le rouble au cours de 2 fr. 60, cette perte représenterait de 18 à 21 millions de francs, et certainement elle ne comprend pas les retards dans la livraison des marchandises et la plus-value payée aux assurances maritimes pour augmentation de risques de mer.

Le trafic entre l'étranger et Saint-Pétersbourg peut s'évaluer à 5000 bâtiments, représentant comme produits importés 280 millions de francs ces bâtiments n'ont d'accès à Cronstadt que des mois de mai à octobre.

Un rapport présenté l'année dernière par le ministre des ponts et chaussées, à l'exposition de Moscou, donne l'historique des projets du canal maritime, dont les avantages n'échappent à personne, les navires venant de l'étranger iront directement jusqu'à Saint-Pétersbourg où ils trouveront des docks, des bassins, et remettront leur chargement directement aux wagons du chemin de fer relié à tout le réseau de l'empire; d'un autre côté, les marchandises exportées venant de l'intérieur par barques ou voie ferrée pourront, sans perte de temps et sans avaries, être chargées dans les bâtiments.

DESCRIPTION DU CANAL.

Le canal commence à l'embouchure de la Néva où de grands bassins sont creusés. La profondeur est de $6^m,72$. Le canal, pendant 3 kilomètres, suit une direction Sud; il est complètement endigué du côté du golfe, et en partie endigué seulement du côté des terres et des bas-fonds. Sa largeur navigable en cet endroit est de 63 mètres, et la distance entre les pieds des digues est de 140 mètres. Le canal se raccorde par une courbe de grand rayon avec une autre branche allant en ligne droite sur le port de Cronstadt. Sa largeur navigable est de 84 mètres et la distance entre les pieds des digues 139 mètres.

Au kilomètre 7 de ce canal se trouve un bassin destiné à recevoir tous les produits d'exportation. Entre le 11e et le 12e kilomètre, le canal s'élargit pour former un bassin d'une largeur de 180 mètres et d'une longueur de 400 mètres.

A partir du 12e kilomètre jusqu'au 28e le canal a une largeur de 84 mètres; il n'existe pas de digues. A cet endroit du golfe, l'eau atteint de douze à quinze pieds de profondeur et on croit que les vagues courtes n'agiteront pas assez les couches inférieures de l'eau pour provoquer des ensablements.

TRAVAUX.

On a commencé les travaux en 1877 et il a été extrait jusqu'à janvier 1882 quatre millions de mètres cubes qui représentent les deux tiers du cube total.

Pour protéger le pied des digues on s'est servi primitivement d'un lit de fascines recouvert d'enrochements, mais on s'est aperçu plus tard que cette défense n'était pas efficace contre les vagues et on a résolu d'installer de chaque côté de la digue une rangée de caissons en bois remplis de galets. Le cavalier de la digue ainsi que la plate-forme du haut sont pavés en galets ronds sur une couche de sable de $0^m,17$ d'épaisseur. Les digues étaient montées avec des terres extraites du canal et déchargées, soit par des chalands à fond mouvant, soit par un système dit *Mud-pump* de Burt et Freemann, employé déjà au canal d'Amsterdam.

Le canal était creusé par des dragues à godets très puissantes, construites en Angleterre, et par les extracteurs de la compagnie américaine Morris et Cummings. Ces derniers qui promettaient un beau rendement dans des terrains mous ont échoué dans leur entreprise à cause d'une résistance trop grande de la superficie du sol du canal.

Nous donnons ci-dessous les dimensions du grand bassin de Goutouëff, les prix détaillés des travaux transformés en mesures métriques et en francs, le prix de la main-d'œuvre et le détail de tout le matériel qui a servi aux travaux.

L'ensemble des travaux comporte :

1° Déblais provenant du canal,	6.600.000	mètres.
2° Cube des digues,	2.530.000	—
3° Cube déchargé dans le golfe,	4.170.000	—
4° Longueur totale des caissons en bois,	17.000	—

Les deux entrepreneurs chargés des travaux sont MM. Boreichso et S. Maximovitsch, tous les deux ingénieurs russes très instruits, d'une grande activité et qui ont su mener à bien une entreprise semée d'écueils. Ces travaux s'exécutent sous la direction et le contrôle d'une commission nommée par l'empereur, présidée par l'ingénieur des ponts et chaussées Saloff, le contrôle et les travaux sont confiés à M. Foufaevsky.

Nous donnons le détail des prix de tous les travaux du canal entièrement exécuté aux frais du gouvernement qui se chargera de son entretien et le livrera l'année prochaine sans rétribution à la navigation.

Saint-Pétersbourg deviendra enfin port de mer laissant à Cronstadt son rôle de port de guerre.

M. Quéruel voit avec la plus vive satisfaction s'exécuter la construction du canal maritime qui doit relier Cronstadt à Saint-Pétersbourg; c'était une lacune qu'il convenait de combler; et il considère ce beau travail comme devant ouvrir une ère nouvelle de relations commerciales entre la France et la Russie. M. Quéruel demande toutefois à M. Sergueeff si ce chenal, creusé dans le golfe au milieu du sable, et sans travaux de défense, n'est pas exposé à s'ensabler dans un délai plus ou moins long.

M. Sergueeff fait observer que cette objection a été prévue par la commission temporaire. Si le chenal a été laissé libre depuis le douzième jusqu'au vingt-huitième kilomètre, c'est qu'en ce point le golfe a déjà une profondeur de douze à quinze pieds, et il paraît peu probable que les vagues puissent produire une agitation suffisante sur le fond pour provoquer un ensablement. De plus, il faut remarquer que la Néva n'est que le déversoir du lac Ladoga, situé à 70 kilomètres en amont de Saint-Pétersbourg, et que le régime de cette rivière est, par suite, assez régulier pour ne pas ensabler beaucoup. M. Sergueeff ajoute que le sable du golfe est extrêmement dur, puisque cette dureté même a été un des obstacles à la marche des travaux, il est donc peu à craindre que les vagues aient assez de creux pour pouvoir soulever une couche aussi résistante. D'ailleurs, il serait plus économique d'entretenir à la drague la profondeur de vingt-deux pieds dans le chenal, que de construire des digues pour le protéger.

M. Quéruel demande si ce sable est assez compact pour se refuser à l'enfoncement des pieux.

M. Sergueeff fait remarquer qu'il n'y a pas eu à battre de pieux, puisque le système de construction adopté pour les digues consiste dans l'immersion de caissons en bois, construits à la russe, comme sur tous les ports de la Baltique, et en Hollande; les bois étant constamment immer-

gés, ne sont pas exposés à la pourriture. M. Sergueeff ajoute, avec l'aide des dessins exposés, quelques explications sur la construction de ces caissons.

M. le Président remercie M. Sergueeff de sa très intéressante communication, qui sera insérée *in extenso* dans le Bulletin. Il le félicite particulièrement de nous tenir au courant de ce qui se passe à l'étranger, et des utiles renseignements qu'il a fournis sur ce travail si important, et qui rendra de grands services à la navigation française.

M. Édouard Simon a la parole pour sa communication sur le *mouvement coopératif en Angleterre*, qui sera publiée *in extenso* dans le Bulletin :

Les sociétés coopératives anglaises sont des associations fondées avec le concours de faibles souscriptions individuelles. Ce ne sont point des sociétés exclusivement ouvrières, mais des groupements de petits capitaux formés le plus souvent, à l'origine, pour l'achat des objets de consommation.

Il n'est pas rare qu'une société coopérative de consommation prenne une part importante dans la création de moulins à blé ou devienne même propriétaire d'une meunerie, si le nombre de ses membres lui permet de compter, pour la boulangerie, sur un débit de farines suffisant. De société de consommation, l'association devient ainsi société de production.

Les bénéfices augmentant avec l'importance des transactions, la société bâtit ou achète des maisons qu'elle loue ou qu'elle vend, entreprend elle-même la fabrication des chaussures, la confection des vêtements, devient directement (ou indirectement en souscrivant des parts d'associations similaires), filateur, tisseur, etc.

M. Simon constate les objectifs très différents des coopérateurs anglais et des membres des *Trade-Unions*, retrace les origines de la coopération, les difficultés du début. L'histoire sommaire des *Equitables Pioniers de Rochdale* qui, au nombre de 28 en 1844, comptaient, à la fin de 1877, 9,722 membres, témoigne du développement et de la vitalité des associations anglaises.

D'autres sociétés sont plus nombreuses encore et, à cet égard, la *Société des moulins à blé de Leeds* fournit d'intéressantes statistiques. L'outillage très perfectionné que possède cette société dessert cinquante-quatre succursales auxquelles s'adressent plus de vingt mille associés.

M. Simon, après avoir décrit l'installation mécanique des moulins populaires de Leeds, passe à l'étude d'une troisième société coopérative, l'*association* du district houiller *de Cramlington* qui, à travers de nombreuses vicissitudes a fini par triompher à force de volonté, de patience, d'énergie, d'une sorte de fatalité.

Les difficultés d'approvisionnement, pour les sociétés de consommation, et de débouchés, pour les sociétés de production, sont sensiblement réduites depuis que deux sociétés coopératives de gros, fondées en Angle-

terre et en Écosse, servent de traits d'union entre les associations disséminées sur le territoire du Royaume-Uni.

M. Simon indique l'organisation de ces grandes fédérations commerciales, établit un parallèle entre les résultats obtenus par la coopération, dans la Grande-Bretagne, et par la *Banque populaire* dans les pays d'outre-Rhin, conclut, d'après des exemples isolés pris sur notre sol, à la praticabilité des associations coopératives, en France, à la condition de suivre les règles de prudence des sociétés anglaises et de ne point faire appel à l'intervention administrative, de se dégager du socialisme d'État.

M. le Président remercie M. Édouard Simon de sa très intéressante communication, et, puisque personne ne réclame la parole, il demande à ajouter une remarque. Il croit que si les sociétés coopératives n'ont généralement pas réussi en France (sauf quelques-unes telles que la Société d'imprimerie nouvelle), cet insuccès est dû en grande partie au manque de direction. Elles ont réussi, quand les associés ont bien voulu honorer de leur confiance le conseil d'administration qui leur apportait ses lumières et son dévouement; elles sont tombées au contraire, lorsqu'il y a eu jalousie et défiance.

M. le Président cite comme exemple l'association des tapissiers du faubourg Saint-Antoine, en 1848, qui a d'abord prospéré, parce qu'elle avait à sa tête un contre-maître habile, intelligent et dévoué; mais cet homme fut bientôt accusé, malgré l'activité qu'il déployait dans l'intérêt de la société, d'abandonner le métier, de ne plus travailler de ses mains; il fut destitué et remplacé, et la société s'écroula rapidement. M. le Président pense donc que les sociétés coopératives pourront réussir en France, aussi bien qu'en Angleterre, lorsque les intéressés comprendront qu'il faut à leur tête une direction intelligente et dévouée.

Dans ce dernier pays, les ouvriers ont le sentiment de la hiérarchie; ils comprennent que le capital est une force, que l'intelligence est une force, que l'étude est une force, que le travail est une force; ils s'efforcent de réunir et de condenser tous ces éléments pour en tirer le meilleur parti. M. le Président dit qu'il a publié, en 1869, un travail sur la société de *Beauregard* (à Vienne en Dauphiné) et sur la société des *Pioniers de Rochdale* dont vient de nous entretenir M. Simon. Une chose lui paraît surtout bonne à retenir dans les statuts de cette dernière. Les associés prélèvent 1 1/2 ou 2 pour 100 sur leurs bénéfices pour se créer une bibliothèque et payer des professeurs qui les instruisent; il y a là une idée excellente, qui prouve combien les ouvriers anglais comprennent la nécessité de s'élever au-dessus du niveau auquel le sort les a placés. M. le Président croit qu'il y a là un exemple précieux qui doit être suivi dans la constitution des sociétés coopératives Françaises.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 20 Avril 1882.

Présidence de M. Ernest Marche.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 avril est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. Calmels et Mehermann.

M. le Président annonce qu'il a reçu une lettre de M. Cabanellas, qui a pour but de répondre à ce qu'a dit M. Boistel dans la séance du 16 mars; vu l'importance de cette lettre M. le Président propose de l'insérer dans le procès-verbal de cette séance, afin que M. Boistel puisse y répondre et que la discussion sur la transmission de la force par l'électricité puisse continuer utilement.

Monsieur le Président,

Je me serais fait un devoir d'assister à la séance du 16 mars si j'avais été informé que M. Boistel dût faire une communication sur le transport de la force par l'électricité. Après avoir lu attentivement le texte inséré au Bulletin de notre Société, il me paraît nécessaire de produire certaines observations et de repousser plusieurs des conclusions théoriques et industrielles de l'auteur.

1° — M. Boistel s'exprime en ces termes :

« D'une façon générale *le rendement* est indépendant de la distance, c'est-à-dire ce qu'on appelle *rendement* en mécanique. Cette phrase a donné lieu à de mauvaises interprétations parce qu'on ne comprenait pas le sens du mot *rendement*. Mais si l'on observe que le *rendement* est le rapport du travail récupéré par la machine secondaire au travail absorbé par la machine primaire, alors le *rendement* est bien indépendant de la distance. Seulement, dans le cas où les machines sont en court circuit, la machine primaire absorbera, par exemple, 50 chevaux et, si le rendement est de 50 pour 100, la machine secondaire rendra 25 chevaux. Si l'on augmente la résistance du conducteur entre les deux machines, la première machine n'absorbera plus que 25 chevaux, par exemple, et la seconde en rendra 12 et demi, ce sera toujours 50 pour 100. Le rendement est indépendant de la distance; il sera toujours de 50 pour 100 dans le cas considéré; mais ce que peut produire la première machine varie considérablement suivant la résistance du circuit extérieur... »

D'abord, l'auteur, faisant sans doute allusion aux discussions du Con-

grès libre, dit que la phrase *le rendement est indépendant de la distance* a donné lieu à de mauvaises interprétations; or, l'examen du volume publié d'après les comptes rendus sténographiques de ce Congrès me paraît ne pas permettre d'accepter cette opinion. On constate, au contraire, qu'il n'y a eu aucune mauvaise interprétation, on constate qu'il y a eu des doctrines, erronées involontairement ou volontairement, doctrines dont il a été fait complète justice. Précisément pour couper court à toute possibilité d'ambiguïté, j'ai, dans cette circonstance, défini *le rendement: le quotient obtenu en divisant la récolte par la dépense*, et j'ai prouvé que ce quotient est, toutes choses égales d'ailleurs, plus considérable quand la distance est plus faible. Je vais le prouver de nouveau en peu de mots, mais après avoir fait remarquer que l'auteur, voulant corroborer son dire par un exemple, nous expose que si le rendement ne change pas avec la distance, *l'effet utile* diminue avec la distance. J'avais donc cru que l'auteur entendait par *effet utile*, la récolte, le nombre de kilogrammètres par seconde ou le nombre de chevaux, la puissance absolue récoltée sur le récepteur; mais, dans son exemple, ce qu'il appelle tour à tour *rendement*, et *effet utile*, passe successivement de 54 pour 100 à 41 pour 100 et à 28 pour 100, à mesure qu'augmente la distance; de sorte qu'il est difficile d'être fixé sur le sens de l'expression, et, en tout cas, l'exemple tendrait plutôt à prouver que le rendement dépend tout à fait de la distance.

Mais revenons à la preuve annoncée :

L'erreur de l'affirmation de M. Boistel vient de ce que, sans s'en apercevoir, il suppose implicitement que l'organisation du transport à petite distance est faite avec moins de discernement que l'organisation du transport à grande distance. En effet, considérons les deux organisations de l'auteur : dans un cas la machine génératrice ou primaire, pour conserver son expression, absorbe 25 chevaux et la machine réceptrice ou secondaire restitue 12 chevaux et demi, c'est le transport à la plus grande des deux distances; dans l'autre cas, à une distance plus faible, la primaire absorbe 50 chevaux, la secondaire en restitue 25, l'auteur ajoute c'est toujours 50 pour 100! Je réponds : oui, c'est toujours 50 pour 100, mais parce que l'organisation à la petite distance veut bien s'y prêter, car, supposez que l'ingénieur-électricien qui organise l'opération à la petite distance veuille se contenter de faire récupérer 12 chevaux et demi par la machine secondaire, et, aussitôt, tout rentre dans la logique et dans l'ordre; le moyen qu'il emploiera est fort simple, par exemple il respectera l'allure de la primaire, mais, dans ce transport à la petite distance, il laissera tourner convenablement plus vite la secondaire, ce qui diminuera l'intensité de la circulation et la valeur des couples mécaniques des deux machines, mais ce qui augmentera le rendement[1]. Par ce moyen, la secondaire restituera 12 che-

1. D'une façon générale, avec deux machines différentes, m, m' étant les *déterminantes*, N le rapport de la résistance du canal à la résistance de la réceptrice, le rendement du transport est $\frac{m-1}{m} \times \frac{m'}{m'+1+N}$. Nous avons vu (16 février) que la déterminante

vaux et demi aux deux distances, mais la primaire qui absorbe 25 chevaux à la plus grande des deux distances absorbera nécessairement moins de 25 chevaux à la plus petite des deux distances. *Donc, en théorie comme en pratique, il demeure faux, à tous les points de vue, de dire que le rendement est indépendant de la distance.* Ainsi, constatons pour n'avoir plus à y revenir, que, nous venons de faire toucher du doigt, *l'artifice involontaire*, qui consistait à imposer à la petite distance une condition de plus qu'à la grande, à lui imposer, dis-je, la nécessité de transporter une plus grosse récolte, ce qui s'appelle, en saine logique, commettre la faute de changer à la fois deux termes, deux éléments de la question, à savoir : la distance du transport et la grandeur de la récolte à transporter. Comme ces deux modifications simultanées sur la distance et la récolte agissent ici dans des sens opposés sur le rendement, on comprend pourquoi cet artifice avait pu tromper l'auteur en lui montrant que le rendement n'avait pas changé. Tandis que, si, dans la question qui nous occupe, comme dans toute autre, on étudie l'influence des variations d'un élément en ne modifiant que cet élément, les autres étant respectés, ce qui est de règle générale et imprescriptible, on voit que, avec l'emploi de toute valeur finie de courants supérieurs à zéro, *le rendement diminue nécessairement lorsqu'on augmente la distance.*

2° — L'auteur dit : « Si l'on veut obtenir la même quantité de travail sur l'arbre de la machine secondaire lorsque les machines sont plus distantes que lorsqu'elles sont rapprochées, on est obligé de changer la machine primaire, et il est facile de démontrer qu'il faut alors augmenter la force électromotrice de la machine primaire proportionnellement à la racine carrée de la résistance de la ligne. » Cette affirmation n'est pas exacte, car, si r est la résistance de la primaire qu'il s'agit de remplacer, si ρ est la résistance de la secondaire que l'on conserve, si R est la résistance de la première ligne, il faut changer la primaire de façon que la force électromotrice de la précédente primaire se trouve multipliée par $1 + \frac{\Delta r + \Delta R}{r + R + \rho}$, et le rendement se trouve amoindri dans la même proportion.

Si on veut augmenter la distance et conserver le rendement et la récolte, c est alors qu'il faut multiplier, par $\sqrt{\frac{R + \Delta R}{R}}$, la force électromotrice d'émission comme je l'ai montré dans ma communication du 16 février. Mais dans ce cas il faut changer les deux machines dont les résistances se-

augmente quand l'intensité diminue et quand la vitesse augmente. Les deux facteurs augmentant, leur produit augmente *a fortiori*. Dans le cas de deux machines identiques *compensées*, on peut dire aussi que le rendement passerait approximativement de

$\frac{C\ V_2}{C\ V_1}$ à $\frac{(C - \Delta C)(V_2 + \Delta V_2)}{(C - \Delta C)\ V_1}$, c'est-à-dire, augmenterait de $\frac{V_2}{V_1}$ à $\frac{V_2 + \Delta V_2}{V_1}$.

C étant le couple à la plus grande des deux intensités, V_1 et V_2 l'allure correspondante de la génératrice et de la réceptrice.

ront celles des premières multipliées par $\frac{R + \Delta R}{R}$, ces machines étant supposées fonctionner, à leurs mêmes allures sous l'intensité première divisée par $\sqrt{\frac{R + \Delta R}{R}}$, et à forces électromotrices d'émission et de réception multipliées par cette même quantité. Mais, il n'est pas inutile de rappeler que ces conditions, formules, lois, sont simplement des lois d'ordre général qui ne tiennent pas compte des modes réels de génération ou de réception des forces électromotrices et différences de potentiel dans les machines dynamo-électriques; et, précisement, nous avons dit, dans notre communication du 16 février, qu'à mesure que les enroulements deviennent plus fins, les carcasses perdent de leur puissance, même si l'on conserve la densité de circulation et l'allure.

Il va sans dire que, si les enroulements fins sont admis avantageux aux grandes distances, sur les formules en question, ils le seront aussi aux petites, et ces formules montrent également que, la récolte étant conservée, le rendement sera naturellement augmenté.

3 — L'auteur pense :

« Qu'il est inutile de recommencer les expériences du chemin de fer du Nord en faisant varier les conditions de l'expérience, attendu que, par le calcul, on peut démontrer facilement quels seront les résultats. »

Je suis d'un avis opposé, je pense au contraire que l'expérimentation réelle a une importante capitale, précisément dans ces circonstances, et je regrette que les expériences de la gare du Nord n'aient pas été poussées plus loin comme on l'avait annoncé, ou du moins que les résultats d'expériences faites dans ces conditions n'aient pas été publiés, si ces expériences ont été exécutées.

Sans aucun doute les formules qui relient les différences des potentiels des bornes des machines aux forces électromotrices et aux résistances intérieures sont d'un emploi très simple. J'ai montré il y a plusieurs années le parti qu'on peut tirer des formules $E = \varepsilon + r i$ par un générateur et $e = \varepsilon_1 - \rho i$ pour un récepteur : « *Sur quelques moyens et formules de mesure des éléments électriques et des coefficients d'utilisation, avec le dispositif à deux galvanomètres* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences du* 13 *juin* 1881).

Mais, il faut encore pouvoir employer ces formules dans des conditions légitimes, ce qui n'est pas le cas dans l'application numérique qu'en fait l'auteur.

En effet, il pose $E_2 = P_2 - I R_2$ formule dans laquelle E_2 est la force électromotrice développée à contre par le récepteur, P_2 la différence de potentiel aux bornes du récepteur, I l'intensité, R_2 la résistance électrique statique du récepteur (l'anneau au repos); l'auteur effectuant le calcul indiqué par cette formule avec la valeur $P_2 = P_1 = 143$ volts, $I = 58,5$ ampères, $R_2 = R_1 = 0,42$ ohms, il ne peut plus exister aucun malentendu.

Or, ainsi comprise la formule est fausse et ne peut donner qu'un résultat

erroné. Pour le prouver, il suffit de la mettre sous la forme $P_2 = E_2 + I R_2$ et de multiplier les deux termes par I on aura $P_2 I = E_2 I + I^2 R_2$; $P_2 I$, produit de la différence de potentiel multipliée par l'intensité, c'est l'Énergie disponible *en tout* dans le récepteur, c'est la somme totale d'Énergie qui nécessairement devra fournir à tout ce qui sera mis en œuvre sous formes quelconques dans ledit récepteur : travail mécanique récolté, travail perdu en chaleur sur le fil de la machine, déficit, travail passif de toute nature. Tandis que nous voyons, par le fait, l'auteur déterminer le travail mécanique restitué $E_2 I$, en retranchant seulement $I^2 R_2$ (statique) de $P_2 I$, puisqu'il détermine E_2 par la formule $E_2 = P_2 - I R_2$; E_2 a donc une valeur trop forte.

Pour le générateur il n'est pas illégitime *a priori* de poser $P_1 = E_1 - I R_1$ parce que, en supposant exacte, pour un instant, l'hypothèse, que le travail dépensé en courants de Foucault dans le fer de la bobine puisse expliquer le déficit des machines à collecteur, il suffit d'admettre que, le travail dépensé mécaniquement sur la machine primaire, ait pourvu à ce travail perdu, en outre du travail $E_1 I$ capté dans le fil de la machine; tandis qu'*a priori*, il est illégitime de poser $E_2 = P_2 - I R_2$, si l'on admet une autre consommation de travail, car *la somme des parties dépasserait le tout* lorsqu'on aurait ajouté la correction que l'auteur désigne par $p E_2^2$, à la somme $E_2 I + I_2 R_2$. Avec la valeur non plus *statique* mais *dynamique* de R_2, telle que nous l'entendons, la formule $E_2 = P_2 - I R_2$ est légitime et applicable.

Dans l'hypothèse de l'auteur, la seule façon légitime de déterminer E_2 consisterait à résoudre l'équation du second dégré

$$75\, g\, p\, E_2^2 + E_2 I + I^2 R_2 - P_2 I = 0.$$

4° Je vais prouver d'une part (*a*), que l'expression empirique $p E^2$ ou $\frac{6 E^2}{n^2}$ ne peut avoir aucune efficacité d'ensemble pour exprimer le déficit de puissance des machines à collecteur, même en restreignant l'application à la même carcasse. Je prouverai d'autre part (*b*), qu'il est impossible d'admettre que l'hypothèse du travail perdu en courants de Foucault puisse rendre compte du fait incontestable, longtemps contesté et aujourd'hui officiellement reconnu, du déficit des machines à collecteur.

Il y a lieu de constater que M. Boistel admet les opinions de M. le docteur Frœlich, lequel est l'auteur de travaux théoriques et de formules appliquées à des expériences sur les machines de la maison Siemens et Halske.

(*a*) En effet, si, à même densité de courant et même champ magnétique, on désigne par *e* la force électromotrice engendrée par la spire induite moyenne à la vitesse unité dans le champ magnétique considéré, les *n* spires engendreront une force électromotrice enV lorsque la vitesse sera V, de sorte que l'expression $\frac{6 E^2}{n^2}$ revient à $\frac{6 e^2 n^2 V^2}{n^2}$ ou $6 e^2 V^2$, valeur indépendante de la finesse d'enroulement, ce qui n'est pas acceptable, puisque, toutes choses égales d'ailleurs, le déficit décroît rapidement avec la finesse d'enroulement. L'expérience le prouve, et pour ne citer qu'un travail offi-

ciel, il n'y a qu'à se reporter aux mesures de la commission de l'Exposition d'électricité, sur les machines à lumière. Des tableaux numériques dressés par MM. Tresca, Potier, Joubert, il résulte que le travail électrique total, somme du travail sur la résistance *statique* des machines et du travail sur les lampes, représente presque entièrement le travail dépensé par le moteur mécanique, lorsque les machines sont peu résistantes, tandis que le déficit relatif est très important dans les conditions des machines alimentant 40 lampes Bruch.

(*b*) En dehors de l'argument de fait ci-dessus, un autre argument de fait nous paraît d'une assez sérieuse valeur probante, c'est le suivant : la maison Siemens, dans le principe de la machine Alteneck, a construit des appareils de ce type dans lesquels l'enroulement induit était seul mobile, le noyau de fer de l'induit restant aussi absolument fixe que le fer des électro-inducteurs. Il est clair que dans cette donnée, les courants de Foucault dans le noyau, n'existaient plus, et que leur travail nuisible était nécessairement supprimé. Cependant la maison Siemens a cessé de construire ce genre d'appareils, sans doute parce qu'elle n'y avait pas trouvé l'accroissement de rendement sur lequel elle avait cru pouvoir compter, et parce que, dès lors, il n'y avait pas intérêt à compliquer la fabrication.

En principe, nous allons voir qu'il est déjà inadmissible *a priori* qu'une importance sérieuse puisse être accordée à l'action dont il s'agit.

D'abord, le nom même de *courants de Foucault* est mal choisi, car le dispositif de l'expérience connue de Foucault est tout à fait différent : 1° l'axe de rotation du disque de Foucault est parallèle à la ligne de jonction des pôles et des lignes de force condensées, au lieu de lui être perpendiculaire, comme dans les machines à collecteur ; 2° l'axe de rotation dans l'expérience de Foucault passe excentriquement tandis qu'il coupe en parfaite symétrie le champ magnétique des machines à collecteur. Le respect de l'histoire scientifique exigerait donc d'abord qu'au lieu de rappeler l'expérience de Foucault on rappelât l'expérience antérieure de Faraday, lequel a montré le premier que, si une masse métallique tourne entre les pôles d'un aimant, il se développe des courants induits tendant à arrêter le mouvement. En outre, il y a lieu de citer une forme caractéristique donnée à cette expérience de Faraday, disposition qui montre un anneau conducteur, tournant autour de l'axe situé dans le plan de ses branches, s'arrêter malgré la torsion du fil de suspension, lorsque l'électro est animé et que l'anneau est fermé, puis cesse d'être influencé par le champ magnétique si l'on détermine une solution de la continuité métallique de l'anneau.

En dehors de cette analogie palliative, en grande partie appliquée dans la réalité des machines Alteneck, il faut citer la disposition en rondelles minces isolées donnée par Edison au noyau de l'armature Alteneck, arrangement qui doit réduire à presque rien, la manifestation possible des courants de l'expérience de Faraday,

Enfin, il y a lieu de se reporter à la disposition usuelle des machines

Gramme, dans lesquelles le noyau est un enroulement de fil de fer dont les spires successives sont pratiquement isolées les unes des autres. Dans de telles machines, les courants de l'expérience de Faraday ne peuvent pas se produire sensiblement et l'expérience ne laisse d'ailleurs aucun doute : lorsqu'on fait tourner l'anneau à circuit ouvert, dans un champ magnétique intense constitué par un courant de source extérieure, on ne constate aucune autre dépense appréciable de travail, que le travail de frottement dans les paliers et celui des autres résistances passives du même ordre, nullement électrique.

Donc, s'il fallait admettre que les machines Alteneck soient réellement et nécessairement sujettes à des effets notables de l'expérience de Faraday, il faudrait en conclure que le type Gramme est très supérieur au type Alteneck, démonstration que n'avait sans doute pas en vue l'auteur de la communication.

M. le docteur Frœlich parle dans une de ses lettres, de pertes de ce chef, de 3 pour 100 de travail environ; je pense que l'on ne doit pas admettre davantage pour les machines bien construites du type Alteneck.

Quant aux déficits plus importants, qui existent, et qu'a trouvés M. le docteur Frœlich, dans les machines bien établies, il doit être attribué, pour la majeure partie, à l'effet spécial dont le premier, en 1880, j'ai donné l'indication et un premier moyen de mesure. Cet effet est dû au changement de sens du courant, deux fois par tour, dans chaque toron du fil de l'anneau et au changement continu des tensions de tous les points du fil induit, effets aggravés par les réactions électriques de l'enroulement sur lui-même.

L'analyse que nous venons de suivre est de nature à prouver que nous avons été bien inspirés, dès le principe, en considérant l'effet spécial en question, comme un accroissement de la résistance intérieure de l'anneau en mouvement, effet qui ne disparaîtrait pas, si l'on remplaçait le noyau de fer par un noyau de bois, et qu'on supprimât les lignes de force magnétiques, ou encore, si on laissait immobile un tel anneau récepteur, en faisant seulement tourner les balais sur le collecteur.

En comptant le déficit des machines à collecteur sous la forme $i^2 \Delta r$, Δr étant déterminé expérimentalement, comme j'en ai donné les moyens, nous avons l'avantage de pouvoir toujours appliquer rigoureusement les formules usuelles de Ohm et de Joule, de pouvoir nous servir des formules $E = \epsilon + r i$, $e = \epsilon_1 - \rho i$ formules dans lesquelles E, e sont les vraies forces électromotrices du générateur et du récepteur, ϵ et ϵ_1 les vraies différences de potentiel aux bornes, r et ρ les valeurs dynamiques des résistances électriques de ces machines et non les résistances statiques, c'est-à-dire mesurées l'anneau et les balais immobiles.

5° — Quant à la dernière partie de la communication, de M. Boistel, relative à son projet de devis d'un transport de puissance dans un pays privé de bois et de charbon, pays qui doit être situé dans l'Amérique du Sud, puisque les transports, *non électriques*, s'y font à dos de lamas, il me

paraît nécessaire d'en combattre absolument les conclusions, non seulement à titre scientifique, mais même dans le légitime intérêt d'une industrie dans laquelle la maison Siemens occupe une place si importante.

Un lecteur, qui ne connaîtrait pas les habitudes sérieuses de la maison Siemens, serait porté à supposer que le problème que s'était posé l'ingénieur du devis était d'employer et de vendre un maximum de poids de cuivre pour un transport donné.

Il est possible que le client Sud américain accepte volontiers une dépense de un million et 625 mille francs de canal de cuivre, là où 162 mille francs seraient sans doute plus que suffisants, mais il est du devoir de l'ingénieur en qui il place sa confiance, de le guider et au besoin de le défendre contre sa propre prodigalité.

Sans entrer dans aucune discussion de détail, en admettant que la maison Siemens doive s'arrêter à l'ensemble de ses deux machines transportant 20 chevaux, pour son transport de 200 chevaux, il paraît tout à fait funeste et nullement nécessaire de s'astreindre à exploiter ce matériel dix fois parallèlement. Au contraire, il faut l'exploiter en tension, de telle sorte que le canal de cuivre sera dix fois plus court pour la même distance de 50 kilomètres, et comme il travaillera à la même intensité que dans le projet, si on conserve le régime du générateur (allure - intensité), le rendement du transport sera très sensiblement amélioré, puisque, sur le canal reliant l'ensemble des générateurs à l'ensemble des récepteurs, il ne sera plus dépensé, en chaleur régénérée, qu'une quantité d'Énergie dix fois moindre pour le même transport total de 200 chevaux.

Nous ne pouvons pas nous occuper des économies réalisables sur le matériel-machines, que nous ne connaissons pas, mais il est possible que cette substitution de l'exploitation en tension à l'exploitation en quantité, permette en outre une certaine bonification sur le matériel récepteur.

Veuillez agréer, Monsieur le Président...

G. Cabanellas.

Il est ensuite procédé au vote de la nomination d'un membre du Comité et d'un secrétaire; M. Peligot a été nommé membre du Comité et M. Des Tournelles, secrétaire.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Meyer sur la traversée des Alpes par le Simplon.

M. Meyer. Messieurs, la question de la traversée du Simplon par un chemin de fer n'est pas nouvelle pour votre Société. Dans les séances des 26 avril et 3 mai 1878, vous avez entendu avec bienveillance des communications faites à ce sujet par nos collègues MM. Huber et Lommel; je ne répéterai pas l'historique des études précédemment faites, et qui vous ont été exposées par mes collègues. Je me bornerai à reprendre la question à partir de cette époque et à vous tenir au courant des nouvelles études faites

récemment, et dont j'ai eu l'honneur de remettre le dossier complet à la Société.

Cette question, outre son intérêt comme solution d'un grand problème économique et technique, constitue une véritable œuvre de travaux publics de premier ordre qui a pris un intérêt croissant d'un ordre plus élevé pour la France, depuis que l'ouverture du Gothard a permis de constater qu'une grande partie du trafic de transit qui traversait la France pour l'Italie a quitté les rails français pour se porter sur la Belgique et sur l'Allemagne par la rive gauche du Rhin. Et, ce qui est plus grave encore, comme l'a dit M. Amédée Marteau dans un rapport officiel adressé le 15 juillet 1882 a M. le ministre des affaires étrangères sur une enquête qu'il avait été chargé de faire en Suisse et en Italie sur les conséquences de l'ouverture du Gothard au point de vue du commerce français, il a constaté que, non seulement le trafic de transit se dérive des chemins de fer français, mais encore que le commerce et l'industrie allemande supplantent le commerce et l'industrie française sur les marchés italiens.

Sans revenir sur l'historique exposé par MM. Huber et Lommel, dans les conférences de 1878, je me bornerai à vous donner quelques renseignements sur les nouvelles études que nous avons entreprises dans ces dernières années.

Vous savez, Monsieur le Président et Messieurs, que le 16 novembre 1880, M. le député Léon Renault a déposé sur le bureau de la Chambre des députés, une proposition de loi tendant à ce qu'un crédit annuel de cinq millions fût ouvert et mis à la disposition du gouvernement, pendant dix ans, à partir de 1881, pour être appliqué à exécuter la traversée du Simplon.

Le 9 mars 1881, la 23e commission d'initiative parlementaire à laquelle la proposition fut renvoyée, présentait son rapport par l'organe de M. Loubet; elle concluait à la prise en considération des propositions Renault et Dupont. Ces conclusions furent adoptées, et une commission spéciale fut désignée pour l'étude des diverses traversées des Alpes. Elle examina le terrain et surtout les abords du mont Blanc et du Simplon. Elle appela devant elle les représentants des divers projets et après les avoir entendus, elle présenta, le 12 juillet 1881, son rapport par l'organe de M. Brossard. Ce rapport, tout en constatant qu'aucun plan de percement du mont Blanc n'avait été soumis à la commission, élève contre le projet du Simplon deux critiques principales : les pentes trop fortes sur le versant italien et les mauvaises conditions du Jura de Dôle à Lausanne. Le rapport concluait à la nécessité d'études nouvelles, principalement en ce qui concerne le mont Blanc. La fin de la législature ne permit pas à un vote d'intervenir.

Au moment où ces faits se produisaient à Paris, la Compagnie du chemin de fer du Simplon se fusionnait avec la Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale, formant ainsi un réseau qui s'étend dès Pontarlier jusqu'à Berne, à Genève et au haut de la vallée du Rhône. L'un des premiers soins de la compagnie fusionnée et du comité spécial du Simplon fut

d'ordonner de nouvelles études destinées à tenir compte des critiques élevées contre le projet de 1878 et à améliorer les conditions du passage du Jura.

C'est le résultat de ces études, dont la Compagnie de la Suisse-Occidentale et Simplon, à laquelle j'appartiens, m'a confié la direction, que je vais avoir l'honneur de vous exposer.

La première condition qui s'imposait, après cette critique portant sur les fortes déclivités était de généraliser le problème. Nous étions, en ce qui concerne les passages concurrents, en présence de projets sommaires, énoncés dans des brochures accompagnées de profils en long, à l'échelle de $\frac{1}{1,000,000}$ ou $\frac{1}{2,000,000}$. Dans ces brochures et sur ces programmes, car c'étaient plutôt des programmes que de véritables projets, on affirmait que la traversée du mont Blanc était possible avec des rampes de $12^{m}/_{m}$ 1/2. Dès lors, il était facile de prouver que, dans ce cas, les vallées qui abordent le massif du Simplon permettaient aussi et plus facilement cette solution. Le précédent projet, qui a été étudié par mon prédécesseur, M. Lommel, et qui vous a été exposé en 1878, comportait des rampes de $23^{m}/_{m}$,7, soit $24^{m}/_{m}$ environ. Ce sont ces deux limites extrêmes, $12^{m}/_{m}$,5 et $23^{m}/_{m}$,7, qui ont déterminé le cadre des études à entreprendre ; nous voulions élargir le cadre de nos études suffisamment pour qu'on puisse présenter et discuter toutes les solutions intermédiaires entre celle qui comprend des rampes de $12^{m}/_{m}$,5 pour mille et celle qui comprend des rampes de $24^{m}/_{m}$ pour mille. Dans ces conditions, nous avons prolongé les triangulations faites pour le projet de 1878, et, sur cette base, nous avons fait faire des relevés topographiques s'étendant non seulement aux deux rives de la vallée principale, qui accède au Simplon du côté sud, celle de la Diveria, mais aussi aux vallées latérales. Ces relevés ont été faits par la méthode qui, depuis quelques années, a été à peu près généralement employée en Suisse. Cette méthode a servi aux études définitives du chemin de fer du Saint-Gothard, et se rapproche beaucoup des relevés faits en tachéomètre, méthode généralement usitée en France ; seulement, au lieu de noter les observations tachéométriques sur un carnet *ad hoc*, pour les rapporter plus tard à l'échelle, dans les bureaux, on combine l'usage de la stadia-topographique avec la lunette alidade de la planchette, de manière à figurer, sur le terrain même, tous les détails et à tracer exactement les courbes équidistantes. Elle a un grand avantage sur la méthode ordinaire : c'est que l'opérateur a le terrain sous les yeux au moment où il trace les courbes et il les dessine pour ainsi dire d'après nature.

J'ai apporté ici quelques feuilles originales de ces levés, que je vous demande la permission de faire circuler de manière à ce que vous puissiez vous rendre compte du travail.

Mais la première question qui se présentait et qui constituait un point de sujétion était le choix de la direction et de la position du grand tunnel.

Je rappellerai sommairement que, dans le projet de 1878, le tracé quit-

taitle thalweg de la vallée du Rhône, à environ 6 kilomètres en aval de Brigue pour s'élever à flanc de coteau et entrait en tunnel au-dessus de cette ville à la cote d'altitude de 711 mètres au-dessus de la mer et passait sous les points culminants du massif du Monte Leone, dont l'élévation est de 3,565 mètres, et débouchait dans la vallée de la Diveria à 1,100 mètres en amont d'Iselle à la cote de 687 mètres.

Ce tunnel avait 18,507 mètres de longueur. Les objections qui ont été faites depuis et qui sont nées de difficultés rencontrées dans l'exécution du tunnel du Gothard, étaient de deux natures. La principale consistait dans la question thermique.

Ce premier tunnel eût passé en plein sous les cimes les plus élevées du massif du Monte Leone ; à une profondeur de 2,800 à 2,900 mètres, au-dessous de la surface, on pouvait s'attendre à rencontrer une température de 45 à 48 degrés, laissant ainsi subsister des doutes sur la possibilité d'exécution du tunnel. Au Gothard, la température n'a pas dépassé 31 degrés centigrades, et, grâce à une ventilation insuffisante et à l'humidité considérable qu'on a rencontrée, le travail a été difficile. Voilà une première difficulté.

Une autre difficulté consistait dans ce que ce tunnel passait à faible distance de la gorge de la vallée de la Saltine : à ce point on rencontre des formations de dolomie et de gypse analogues à celles qui ont donné lieu à des accidents, au Gothard, sous la vallée d'Andermatt. Il s'agissait donc de se tenir à distance de ces formations ; ces couches plongent depuis le thalweg du torrent plus élevé que le tunnel dans la direction de celui-ci, et l'on pouvait s'attendre à des infiltrations qui eussent délayé ces roches et les eussent rendues plus plastiques.

Mais si l'on se reporte plus au nord, en remontant la vallée du Rhône, les mêmes couches passeraient sous le plan du tunnel et seraient par conséquent inoffensives.

La question de l'influence de la chaleur centrale, sur les conditions de percement des tunnels, à laquelle j'ai fait allusion tout à l'heure, est une question relativement nouvelle, qui a été mise en évidence surtout par les travaux du Gothard. Au mont Cenis on avait eu déjà à lutter avec la température intérieure; mais ces difficultés n'étaient pas aussi grandes qu'au Gothard, où elles ont été aggravées par l'insuffisance de la ventilation et par une grande humidité résultant des infiltrations. Il est connu que le travail souterrain est rendu beaucoup plus difficile par l'humidité de l'atmosphère combinée avec l'élévation de la température, et que le travail est plus facile dans un air sec. Cette question fait l'objet d'études très complètes de la part du géologue du Gothard, M. le docteur Stapff, travaux qui ont été publiés en 1879 et 1880 dans la *Revue universelle* des Mines de Cuyper.

M. Stapff avait coordonné ses observations, les avait analysées par la méthode des moindres carrés et avait exprimé par les deux formules ci-après la loi d'accroissement de la température en fonction de la hauteur

verticale h du point considéré et de la plus courte distance d de ce point à la surface.

Dans la formule, la température du tunnel est en fonction de la hauteur verticale h; dans la seconde, elle est en fonction de la plus courte distance de la surface.

$$\delta = \pm \sqrt{41,6593 - 0,15117h + 0,0001195h^2} + 6,45 + 0,0106\ h.$$

$$\delta = \pm \sqrt{36,1682 - 0,127d + 0,000103d^2} + 6,01 + 0,0102\ d.$$

Ces deux formules se résolvent arithmétiquement comme suit :

$\delta = 0,02079\ h.$
$\delta = 0,02159\ d.$

Mais cette méthode, quoique très savamment et très logiquement déduite, était cependant un peu trop dogmatique, dans ce sens qu'elle ne tenait pas compte d'une série de circonstances qui peuvent influer sur la température intérieure.

La température intérieure ne dépend pas uniquement de la forme du massif, mais surtout de sa composition minéralogique, de la conductibilité des roches et de leur stratification. Elles ont un pouvoir conducteur différent suivant leur constitution physique ou minéralogique, mais en outre, la stratification a beaucoup d'influence. Si elle est en éventail, la réfrigération est beaucoup plus considérable que si elle est en forme de voûte ou horizontale.

Tout en admettant la méthode générale exprimée par M. le docteur Stapff, nous ne nous sommes pas servis de ses formules, mais nous avons recherché dans les deux coupes géologiques du Gothard et du Simplon des sections assimilables, tant au point de vue de la nature des roches qu'à celui de la stratification, et nous avons appliqué les observations du Gothard au profil du Simplon. Pour tenir compte des évidements latéraux du massif, nous n'avons pas considéré seulement la tranche verticale sur l'axe du tunnel, mais nous avons établi à tous les kilomètres des profils en travers et avons appliqué les coefficients observés au Gothard, et nous sommes arrivés au résultat exprimé sur le tableau graphique que j'expose et qui est dû à M. Heim, professeur de géologie à l'École polytechnique de Zurich.

On a représenté sur ce tableau tous les projets considérés.

On a alors tracé, par le moyen que je viens d'indiquer, la courbe correspondante des températures intérieures; j'ai pris la même échelle pour les longueurs, et j'ai porté en ordonnées les températures.

Le premier est celui de 1878, de M. Lommel, dont le tracé est en noir, et qui passe sous le massif élevé, de Monte Leone.

Avec ce tunnel de 18,507 mètres de longueur, nous partons d'une température moyenne de dix degrés à la tête nord, et nous nous élevons au

6e kilomètre, à la température de 30 degrés centigrades, c'est-à-dire à une température équivalente à celle du Gothard. Alors, la température continue à s'élever, pour arriver, vers le 11e kilomètre, à une moyenne de 47 degrés; puis, elle descend rapidement à une température de 12 degrés centigrades, qui serait la température moyenne, à la tête sud.

Étudiant la forme du massif, nous avons remarqué que celui-ci se termine, vers l'ouest, par une arête qui est à la fois d'une moindre épaisseur et d'une moindre hauteur que le massif central; c'est un col désigné, dans les cartes suisses, sous le nom de « Furggenbaumhorn » et, dans les cartes italiennes sous le nom de « Passo d'Avrona. » Il était intéressant de porter le tunnel dans cette direction. Nous avons tracé une ligne droite dont la longueur est de 19,630 mètres; à ce premier tracé en ligne droite, figuré en vert, correspond une température 38 degrés centigrades c'était donc 9 degrés de moins que le projet de 1878.

Sur cette ligne droite, prise comme base d'opération nous avons construit un certain nombre de profils en travers, dont j'ai reproduit ici en grands traits les deux principaux, et, sur ces profils en travers, nous avons étudié la répartition des courbes chthon isothermes ou isogéothermes réunissant les points de même température; et par une série de substitutions et de tâtonnements, nous avons déterminé la direction qui donne le minimum de température. Nous avons eu d'abord une première ligne brisée de 1,070 mètres de brisure sur la ligne droite figurée en jaune, à laquelle correspondait une température maxima de 36 degrés; et, par tâtonnements, nous sommes arrivés au dernier tracé rouge, dont la longueur est exactement de 20 kilomètres, et auquel correspond un maximum de température de 34 degrés.

Je ferai observer que, sur ce même profil, j'ai fait figurer l'application de ce procédé au projet du mont Blanc. Le tracé du mont Blanc est représenté par une ligne bleue, et la ligne des températures correspondantes est représentée également par une ligne bleue. Le tunnel du mont Blanc, comporte, une première partie, que les auteurs du projet ont appelée la *galerie sous-vallée*, et qui se trouve sous la vallée de la Doire Baltée de Courmayeur avec un massif superposé, de faible épaisseur, jusqu'au 5e kilomètre; à partir de ce point là, le tunnel pénétrerait sous le grand massif et le traverserait sous une altitude de 4,600 mètres.

Aussi, la température atteindrait-elle, vers le 13e kilomètre, 55 degrés. A cette température, tout travail humain serait impossible.

Sur ce même profil, j'ai représenté les observations réelles faites au Gothard.

On voit qu'au 7e kilomètre, la température y a atteint 30 degrés centigrades, elle est de 30 3/4 degrés entre le 7e et le 8e kilomètre, et s'est maintenue entre 30° et 30°,75 sur les 4 kilomètres du massif central. — Voilà une des conditions qui ont déterminé le choix de cette direction pour le tunnel.

Il y en a une autre qui a déterminé à reporter le tunnel plus au nord,

c'est celle-ci : tout abaissement de coefficient de la rampe vers la tête sud, impliquait le choix d'une tête de tunnel située plus bas que dans le projet de 1878. Il est un point situé à 1 kilomètre environ en aval d'Iselle où la vallée de la Diveria change d'aspect, en aval de ce point on a un régime de faibles rampes, en amont le thalweg est fortement incliné, et ne se prête pas à un tracé à faibles déclivités, sans recourir à des artifices de développement, tels que des tunnels en hélice ou des rebroussements ; il importait donc de se reporter en aval de ce point, c'est ce qui a allongé le tunnel.

Quant à la constitution géologique du massif, je la résumerai en quelques mots. Elle se compose de trois parties principales. La première, comprenant le versant nord, se compose de schistes lustrés gris appartenant au trias, et ayant une grande analogie avec ceux du versant nord du mont Cenis, du côté de Modane, et à ceux du Saint-Gothard, sous la vallée d'Andermatt. Cette première partie a 4 kilomètres 1/2 de longueur. Ces schistes présentent de grandes facilités pour la perforation. C'est dans ces schistes que, au mont Cenis, au Gothard, à l'Arlberg, on a obtenu le plus grand avancement. Ici, il y a très peu d'infiltrations à craindre, mais les revêtements en maçonnerie seront un peu plus forts que dans les roches à schistes cristallins. La partie centrale, d'une longueur de 9 kilomètres, comprend toute la série des schistes cristallins, passant quelquefois au gneiss avec intercalation de couches de calcaires saccharoïdes, d'une faible puissance. La partie méridionale, d'une longueur 6 1/2 kilomètres, se compose de gneiss granitique, dit gneiss d'Antigorio ayant une grande analogie avec le granit proprement dit. Voilà, en quelques mots, les indications que je voulais vous donner sur le massif au point de vue géologique. Ces études ont été faites, en 1869, sous la direction de notre collègue M. Vauthier, par M. Gerlach géologue distingué, mort depuis; puis, en 1878, par une commission composée de M. Charles Lory professeur à Grenoble ; M. Heim, professeur à l'École polytechnique de Zurich ; de M. Rénevier, professeur à Lausanne.

Elles ont été reprises en 1881-1882 par ces mêmes géologues auxquels a été adjoint M. Faramelli, professeur à Pavie.

Les indications sommaires que je viens de donner sur la constitution géologique du massif sont extraites du rapport de ces géologues et sont publiées dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de remettre à la Société.

Cette question de la fixation de la position du tunnel étant résolue, il devenait intéressant d'en étudier le prix de revient. Dans le précédent projet de 1878, on s'était borné à l'évaluer à 4,000 francs le mètre courant, en se basant simplement sur le prix de revient prévu alors pour pour celui du Gothard.

Les travaux du Gothard avaient été adjugés à M. Louis Favre, parmi de nombreux concurrents, pour un prix à forfait de 2,800 francs le mètre courant, pour l'excavation, et des prix variables pour les revêtements en maçonnerie ; le devis, qui était annexé au marché, laissait entrevoir un

prix moyen d'environ 4,000 francs. Mais depuis, de grands progrès ont été réalisés dans la perforation des tunnels. M. Favre, au Gothard, rompant avec les usages et avec les traditions admises jusqu'alors pour la construction des grands tunnels, et particulièrement avec celles employées au mont Cenis, avait admis que la galerie d'avancement se ferait au sommet; tandis que, au mont Cenis, elle avait été faite à la base. Ce système de perforation en attaquant par le sommet, a donné lieu à des discussions et à des débats très intéressants entre les ingénieurs des différents pays, qui se sont occupés de l'exécution des grands tunnels.

Depuis que le Gothard a été entrepris et avant qu'il fût achevé, on a commencé les travaux du tunnel de l'Arlberg, qui doit relier la Suisse avec le Tyrol et l'Autriche, et dont j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir la Société en lui remettant un Mémoire sur ce sujet. L'expérience acquise jusqu'ici à ce dernier tunnel a prouvé, jusqu'à l'évidence, que la méthode de percement en attaquant par le sommet, n'était pas applicable avantageusement à la perforation des grands tunnels, et qu'il fallait revenir à la galerie de base.

Cette question a été tout récemment et depuis la publication de notre Mémoire, discutée par notre éminent collègue, M. Gustave Bridel, ingénieur en chef de la Compagnie du Gothard et il arrive au même résultat.

Au tunnel de l'Arlberg, la moyenne d'avancement était, dès le commencement des travaux, en 1880 jusqu'à ce jour, de $4^m,90$ à $4^m,92$, par jour et par attaque, et cette moyenne s'est constamment soutenue.

Nous avons donc admis, comme base de nos évaluations, pour le tunnel du Simplon, le système de l'Arlberg, qui consiste à attaquer la galerie d'avancement à la base, et à la faire suivre par une galerie de faîte, mise en communication avec la galerie de base au moyen de cheminées verticales, qui servent à l'écoulement des déblais.

Les avantages de la galerie de base ont été aussi mis en relief par M. Michel, ingénieur en chef à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, dans un remarquable travail publié dans la *Revue générale des chemins de fer*. Ils se résument comme suit : dans la galerie de base, les voies occupent dès le commencement leur position définitive; il n'est plus nécessaire de les remanier; on se borne, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à faire les raccordements nécessaires, et la voie, comme position et comme niveau, reste absolument fixe. Cela permet d'attaquer le tunnel sur plusieurs points à la fois, et de suivre très rapidement et le plus près possible du front d'attaque, avec l'achèvement de la maçonnerie. On évite tous les inconvénients rencontrés au Gothard pour le raccordement des voies placées dans les chantiers inférieurs avec les voies de la galerie d'avancement au sommet; on évite l'établissement d'ascenseurs de plans inclinés et de tous ces procédés artificiels qui ont entravé et rendu si difficiles les travaux du Gothard.

Il y a encore un autre grand avantage : c'est l'écoulement rapide des eaux. Enfin, autre avantage, très appréciable dans les roches brisées et

susceptibles d'exercer une pression, c'est qu'on peut obtenir le plus rapidement possible l'achèvement du tunnel. Qu'il me suffise de citer deux chiffres. Au Gothard, lorsque, au mois de mars 1880, les deux galeries se sont rencontrées, il restait environ 7 kilomètres à achever et où étaient échelonnés les chantiers, c'est-à-dire la moitié de la longueur totale du tunnel ; tandis qu'avec le système employé à l'Arlberg, l'achèvement complet des travaux suit à 5 ou 600 mètres au plus le front d'attaque ; on peut plus facilement concentrer les moyens d'attaque, et surtout établir d'une façon plus avantageuse la ventilation si nécessaire dans les travaux de ce genre.

Enfin, une question excessivement importante au point de vue de l'évaluation et de la possibilité d'exécution de ce grand tunnel, c'est celle de la force motrice. Les travaux du Gothard ont été considérablement entravés par l'insuffisance de la force motrice, surtout dans la partie sud ; malgré les canalisations très longues exécutées par l'entreprise Favre, il arrivait souvent que la force disponible descendait au-dessous de 300 chevaux. Dans ces moments, cette force transmise par l'air comprimé était non seulement insuffisante pour faire marcher convenablement la perforation mécanique, mais, en outre, elle ne suffisait pas non plus pour la ventilation et le travail s'exécutait dans des conditions difficiles.

Au Simplon, heureusement, la nature a disposé les choses différemment. Du côté nord, nous avons le Rhône. Celui-ci, déjà jaugé lors du projet de 1878, a été jaugé à nouveau dans l'hiver de 1881 à 1882, qui, d'après nos observations, a été l'hiver le plus sec de ce siècle. Il a été constaté un débit de 14,400 litres, avec une chute de 40 à 50 mètres, ce qui permet de disposer, aux plus basses eaux, d'une force de 7 à 8,000 chevaux. Dans la partie sud, nous disposons de la Diveria et de son affluent la Cherasca. Ces deux torrents alpins ont donné, comme résultat des jaugeages, un débit minimum de 1,245 et 1,400 litres, mais ici, les chutes ne sont limitées que par la possibilité pratique de l'utilisation, et on peut remonter très haut surtout si l'on emploie les perforateurs du système (Brandt), au lieu des perforateurs à air comprimé, les premiers permettant de substituer aux turbines ou aux roues hydrauliques, des machines à colonnes d'eau avec des chutes de 200 mètres, la force disponible serait de 4,000 chevaux. Nous avons admis, après l'expérience faite à l'Arlberg, surtout avec des forces motrices plus considérables, un avancement moyen de $4^m,50$ par jour. J'ai dit qu'à l'Arlberg il était de $4^m,92$. Cet avancement moyen de $4^m,50$ par jour donnerait, pour un tunnel de 20,000 mètres de longueur, 2,222 jours, soit 6 ans et 32 jours ; nous avons admis une durée moyenne de 7 ans, en supposant que les 333 jours qui manquent pour compléter la septième année seraient utilisés pour compléter les installations mécaniques et pour l'achèvement, soit pour le temps normal qui doit s'écouler entre la rencontre des galeries et l'achèvement complet.

Tout à l'heure j'ai dit que, pour l'Arlberg, cet achèvement complet suit,

à six mois près, le front d'attaque, à une distance de 5 à 600 mètres : cette distance est fixée par contrat, et, jusqu'à présent, les entrepreneurs se sont maintenus dans ces limites.

Ces conditions étant admises, il s'agissait d'établir le prix de revient du tunnel. Pour arriver à établir le devis, nous avons commencé par faire une série de prix très détaillée. Il y avait à tenir compte, au Simplon, d'un élément différent de celui qu'on a rencontré, soit au mont Cenis, soit au Gothard, soit à l'Arlberg. Le tunnel du Simplon déboucherait à 2 1/2 kilomètres de la gare de Brigue, dans le fond de la vallée du Rhône; c'est-à-dire qu'il suffirait de 15 à 20 jours de travail pour établir des voies provisoires qui approvisionneraient les chantiers. Voilà pour la partie nord. Sur le versant sud, les conditions sont moins avantageuses, mais elles sont plus avantageuses cependant que celles des tunnels construits précédemment. Le jour où la construction du tunnel du Simplon serait décidée, la ligne, sur le versant sud irait jusqu'à Domo, soit à 17 kilomètres, et serait reliée à cet endroit par la grande route du Simplon, très facile, avec une pente très abordable, sur laquelle il serait facile aussi d'établir un railway provisoire. Ces conditions spéciales de transport exercent une grande influence sur les prix de revient, entre autres exemples, j'ai établi l'arbitrage des frais de transport des chaux et des ciments pour le tunnel du Gothard et pour le Simplon; cet arbitrage fait ressortir 50 francs de différence par tonne. Pour 1 mètre de tunnel il faut en moyenne 10 mètres cubes de maçonnerie; et pour 1 mètre cube de maçonnerie il faut 1 tonne 1/2 de chaux ou de ciment; cela représente déjà 75 francs par mètre courant de tunnel sur ce seul élément. Ce qui est vrai pour la chaux l'est aussi pour les moellons, pour les installations mécaniques, pour tout ce qui est nécessaire à l'exécution et à l'exploitation du tunnel.

J'insiste sur ce point pour bien vous faire comprendre les raisons pour lesquelles le prix de revient du tunnel du Simplon est inférieur à celui du Saint-Gothard. On a établi une série de prix détaillée de toutes les catégories de maçonnerie, et cette série de prix a trouvé son expression et s'est condensée dans un devis très détaillé que vous pourrez consulter dans le dossier, et qui se trouve résumé dans le Mémoire.

Quant aux installations mécaniques, nous avons admis le même système qu'à l'Arlberg. Au Gothard le traité laissait à l'entrepreneur le soin de la construction et de l'installation de tous les engins mécaniques nécessaires pour la perforation; l'entrepreneur était obligé de tenir compte des frais d'établissement et d'amortissement de ces installations dans ses prix de revient.

Cette situation a donné lieu à de grandes difficultés entre l'entreprise et la Compagnie. Aussi la direction des chemins de fer de l'État autrichien a décidé, pour l'Arlberg, d'établir elle-même toutes les installations nécessaires et de les mettre à la disposition de l'entrepreneur, qui a la charge de les entretenir. Nous sommes partis de la même idée, et nous avons fixé à 4,300,000 francs pour la tête nord, et à 3,200,000 francs pour la tête

sud, total 7 millions et demi le coût de ces installations. Au Gothard, la dépense a été de 4 millions, et à l'Arlberg de 3 millions et demi. Le résumé donne comme coût total du tunel 73,100,000 francs pour 20 kilomètres, soit 3,655 francs pour le mètre courant.

Avant de quitter le chapitre du tunnel, je rappellerai un point que j'ai omis d'indiquer ici : le sommet d'angle des alignements situé à 5,260 mètres de la tête sud correspond à un point très bas où nous n'avons plus qu'une profondeur de 680 mètres de la surface au plan du tunnel; depuis le thalweg de la vallée jusqu'au tunnel, à 6 kilomètres et demi de la tête nord, nous avons également un point où il y a une profondeur de 1,000 mètres, en outre, ces deux points correspondent avec des chutes d'eau considérables. Du côté sud la chute est de 100 mètres, avec un débit de 1 mètre cube. J'ai indiqué, toute étude ultérieure réservée, la possibilité de forer, en ces deux points, des puits : il resterait donc un massif de 10 kilomètres à percer sans puits. Je crois que d'ultérieures études démontreront la praticabilité de ces puits, surtout avec les moyens mécaniques dont on se sert pour la perforation.

Je ne crois pas que ces puits aient une grande influence sur l'avancement des travaux ni qu'il soit bien pratique de s'en servir pour l'extraction des déblais; mais je crois qu'ils auront une influence énorme sur la ventilation du tunnel et sur sa réfrigération.

En ce qui concerne la ventilation, nous avons dit qu'on abandonnerait le système pratiqué au Gothard, et consistant à employer l'air comprimé qui s'échappait des perforatrices, pour la ventilation des chantiers d'avancement En outre, on y avait ménagé sur la conduite des prises d'air intermédiaires qui alimentaient les chantiers. Ce système présente deux inconvénients : il a d'abord celui d'être insuffisant, et ensuite, celui d'entraver considérablement le travail mécanique. Les emprunts faits à la conduite d'air comprimé, faisaient baisser encore plus cette pression souvent déjà insuffisante, et la perforation était en souffrance. Pour ventiler un tunnel en construction, il n'est pas nécessaire d'y introduire de l'air à forte tension ; mais il faut en introduire la plus grande quantité possible et le renouveler fréquemment. Aussi avons-nous pensé qu'avec une force motrice considérable, il y avait possibilité d'installer, à côté des compresseurs et des conduites qui fournissent l'air à 6 ou 7 atmosphères, destinés à la perforation, des compresseurs et conduites spéciales donnant de l'air à une atmosphère au plus, mais en quantité suffisante. Cette question de la ventilation a été très bien résolue dans ce sens à l'Arlberg, elle pourrait l'être encore mieux au Simplon, parce que les forces motrices disponibles y sont encore plus considérables. Si l'on fore les puits, la ventilation naturelle, par ces cheminées, venant s'ajouter à la quantité d'air introduite par les têtes, il n'est pas douteux que les conditions d'exécution du tunnel ne soient bien plus faciles qu'au Gothard. Malgré la plus grande longueur; cet air pourra en outre être réfrigéré au moyen des cours d'eau des torrents qui descendent des Alpes, et qui sont toujours froids. Il est hors de doute

qu'on obtiendra des conditions telles, que les 4 ou 5 degrés de température plus élevée qu'on rencontrera seront largement compensés par cette ventilation et cette réfrigération plus abondante. Voilà ce qui concerne le tunnel.

Quant aux lignes d'accès, il a été étudié, comme je l'ai dit, un certain nombre de projets. Je rappellerai que le projet de 1878 débouchait à 1 kilomètre, au-dessus d'Iselle, à la cote de 687 mètres et suivait la rive gauche de la vallée de la Diveria, pour venir rejoindre à Domo d'Ossola les travaux exécutés; il avait une longueur de 18, 1/2 kilomètres, et des rampes de 23,7 millimètres. Cette rampe a fait l'objet des critiques de la Commission parlementaire. Pour la réduire à 12, 1/2 millimètres, il y avait deux moyens: ou venir rejoindre le thalweg et toucher plus en aval de Domo en allongeant le parcours à flancs de coteau, ou bien utiliser la vallée d'Antigorio, remonter cette vallée, la traverser, revenir sur l'autre versant, et prendre la vallée de la Diveria. En 1874, M. Louis Favre, M. Clo avaient déjà présenté une étude d'avant-projet conçu dans cet ordre d'idées avec rampe de 15 pour mille. Pour obtenir l'abaissement de la rampe jusqu'à 12 1/2 pour mille, il suffirait de porter un peu plus haut la traversée de la vallée. Nous avons complété les relevés dans les conditions que vous avez pu voir sur les feuilles que j'ai fait circuler, et nous avons relevé les deux rives de la vallée; je n'ai pas pu afficher ici, faute de place, ces plans complets à l'échelle du 1/5000, vous me permettrez de les faire circuler dans la salle et je dirai d'abord que tous ces tracés partent de la même tête de tunnel. Nous avons donc étudié un premier tracé à 12 1/2 pour mille, que j'appellerai le tracé direct. Ce premier tracé suivrait la rive droite de la Diveria, qu'il traverserait immédiatement après la sortie du grand tunnel, il pénétrerait un peu dans la vallée de la Bogna qui débouche dans la vallée de la Tocce près de Domo d'Ossola, passerait à flanc de coteau pour venir rejoindre la ligne en cours d'exécution à 10 kilomètres environ en aval de Domo d'Ossola, à Piedimulera; je dirai que ce premier tracé passe à environ 100 mètres au-dessus de la ville de Domo d'Ossola. Comme l'établissement de la ligne est décrété et en cours de construction jusqu'à Domo d'Ossola, j'ai toujours admis que cette ligne de thalweg serait poussée jusqu'à Domo d'Ossola, et que la ligne internationale viendrait la rejoindre à Piedimulera; comme c'est le cas, par exemple, pour la ville de Suze, à la traversée du mont Cenis. Le trafic de Domo se faisant en grande partie dans la direction du midi, soit vers l'Italie, et non pas au nord vers la Suisse, cet état de choses ne présenterait que peu d'inconvénient pour cette ville, et on a pensé que les intérêts locaux de cette ville de 2,500 habitants environ doivent plier devant les exigences d'une ligne internationale.

Le second tracé, celui qui permettrait d'utiliser les travaux exécutés jusqu'à Domo d'Ossola, passant dans la vallée principale d'Antigorio et la traversant pour venir de l'autre côté, dans la vallée de la Diveria, coûterait un peu moins cher; mais il a ce grave inconvénient d'allonger le par-

cours de la ligne d'une quantité qui dépasse de beaucoup ce qu'on a gagné en distance virtuelle par l'abaissement de la rampe.

Enfin, nous avons étudié cinq ou six variantes différentes. Je n'ai pas la prétention de donner le tracé avec rampe de 12 1/2 comme la meilleure solution possible; je crois même que si l'on examine la chose un peu terre à terre, c'est-à-dire en comparant, pour cette ligne d'accès sud prise isolément, le prix de revient de l'exploitation et l'économie réalisée à cet égard sur un tracé à rampe plus forte, on se convaincrait que ces économies ne sont pas en rapport avec l'augmentation du capital de construction qu'exigerait la diminution de la rampe. Mais, il ne s'agit pas ici de restreindre cette comparaison à cette ligne d'accès considérée isolément : la traversée du Simplon par un chemin de fer, doit avoir pour but de reconquérir à la France le trafic de transit que lui a enlevé le Gothard; dès lors, il faut une ligne concurrente, c'est-à-dire d'une supériorité telle qu'elle puisse appeler à elle le trafic qui a été détourné. Il s'agit de lutter dans la voie des tarifs, c'est-à-dire, de ne pas être arrêté à une limite où on serait obligé de transporter au-dessous du prix de revient pour conquérir le trafic, et les avantages de l'abaissement de la rampe se reporteront sur les lignes françaises, suisses et italiennes qui y aboutissent.

En outre, en faisant une étude plus complète, nous avons voulu éviter que, au moment où les pouvoirs publics des pays intéressés à la traversée du Simplon auront à déterminer les conditions du tracé, il n'y ait des pertes de temps si l'on demandait de faire des études nouvelles; nous avons voulu mettre en main des autorités qui auront à prendre un parti, tous les éléments de la question. Je n'entrerai pas ici dans une énumération aride des éléments numériques des différents projets, ceux de nos collègues qui s'intéressent plus particulièrement à la question trouveront des renseignements dans les dossiers que j'ai déposés à la Société.

J'ai donné au tableau un résumé très succinct du tableau comparatif des longueurs réelles et virtuelles des différents tracés. Les points pris comme comparaison pour les distances sont Brigue, tête de ligne du réseau suisse en exploitation au nord et Gozzano, tête de ligne du réseau italien. Il est à remarquer que si l'on établit le compte pour Arona par la rive droite du lac Majeur il faut ajouter $4^{k}1/2$ à toutes les distances.

TABLEAU COMPARATIF. — RÉSUMÉ DES DIVERS TRACÉS.

Nos	DÉSIGNATION DES TRACÉS	LONGUEUR de la Rampe Sud à construire	COUT TOTAL de la Rampe Sud	DISTANCES de Brigue à Gozzano		DIFFÉRENCES rapportées au numéro 1	
				Réelles	Virtuelles	Réelles	Virtuelles
		Kil.	Francs.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1	Tracé, rampe 0^m,0125 rive droite se raccordant à Piedimulera	31.540	29.500.000	96.977	116.372	»	»
2	Tracé, rampe à 0^m,0130 rive gauche et Val Antigorio se raccordant à Domo	29.000	26.477.500	104.358	131.085	+ 7.381	+ 14.713
3	Tracé rive droite, rampe 0^m.018, développement hélicoïdal se raccordant à Villa	25.216	22.300.000	95.500	127.387	— 1.477	+ 11.015
4	Tracé, rampe 0^m,020 rive droite sans développement hélicoïdal se raccordant à Villa	22.570	17.300.000	92.292	122.461	— 4.685	+ 6.089
5	Tracé, rampe 0^m,020 rive gauche Diveria, développement hélicoïdal se raccordant à Domo	20.192	17.550.000	95.549	128.101	— 1.428	+ 11.729
6	Tracé, rampe 0^m,020 rive gauche Diveria, sans développement hélicoïdal se raccordant à Villa	23.382	17.170.000	93.666	123.616	— 3.311	+ 7.244
7	Tracé rive droite Diveria, rampe 0^m,022 se raccordant près de Domo	17.817	15.100.000	92.629	125.383	— 4.348	+ 9.011
8	Tracé rive gauche de la Diveria, rampe 0^m,022 se raccordant à Domo (Projet Lommel de 1881-82)	17.221	13.600.000	93.189	125.865	— 3.788	+ 9.493
9	Tracé rive gauche de la Diveria, rampe de 0^m,0237, se raccordant à Domo (Projet de la Cie du Simplon de 1878)	20.077	15.800 000	92.134	130.291	— 4.843	+ 13.919

Le coût varie donc entre 29 millions et demi et 13 millions et demi. Ce qui s'entend toujours pour la ligne depuis la tête sud du grand tunnel jusqu'au point de rencontre avec la ligne en construction. A cette dépense vient s'ajouter celle de 73 millions pour le grand tunnel et de 2,280,000 fr. à 2,450,000 francs pour la ligne d'accès nord et la gare internationale de Brigue. Si pour le plus long tunnel, la somme à prévoir, est un peu inférieure à celle du tunnel de 18k1/2 du projet de 1878, c'est en raison des difficultés plus considérables que rencontrerait l'exécution de ce tunnel, soit au point de vue de la température, soit au point de vue géologique, car les revêtements, de fortes dimensions, s'y appliqueraient dans une proportion plus grande; de sorte qu'il y aurait 75 millions à ajouter à toutes ces évaluations, et 78 millions et demi à l'évaluation de 1878, pour avoir le total de la dépense nécessaire pour joindre les lignes en exploitation du côté suisse aux lignes en exploitation du côté italien.

La Commission parlementaire française avait réservé un point particulier: c'est le passage du Jura. Le Simplon a, comme prolongement vers la France, la traversée du Jura. Or, cette ligne, construite par la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, dans les années de 1867 et 1868, a été établie avec des rampes de 20 à 25 pour mille. Cela a été critiqué, et tous les adversaires du passage du Simplon avaient affirmé que ces rampes étaient irréductibles. L'un des buts de la Commission du Simplon était de prouver que ce passage du Jura était améliorable. Une étude particulière a été faite à ce sujet, je vous ferai circuler un certain nombre d'exemplaires de la carte d'état-major, sur laquelle j'ai fait figurer le nouveau tracé. A partir de Frasne, la deuxième station après Pontarlier, la ligne actuelle fait un détour, se dirige vers le nord sur Pontarlier, et ensuite remonte la vallée de « la Fontaine ronde » jusqu'à un point près de Jougne, où elle atteint une altitude de 1,014 mètres, avec des rampes de 23 pour mille; elle redescend, avec des pentes de 25 pour mille, jusqu'à la frontière suisse, et enfin, avec des rampes de 20 pour mille, jusqu'à la gare de Vallorbes où il y a un rebroussement.

L'amélioration est indiquée, et, à partir de Frasne, on se dirige, par un tracé facile en suivant le plateau de Frasne, la petite vallée de Bonneveaux, en passant entre les deux lacs de Saint-Point et de Remoray on arrive près du hameau des Longevilles au pied de la chaîne principale du Jura, soit du mont d'Or, à l'altitude de 896 mètres au lieu de 1014, chaîne qu'on traverserait au moyen d'un tunnel de 6k,560 de longueur débouchant à l'extrémité de la gare actuelle de Vallorbes, en Suisse, dont le rebroussement serait ainsi supprimé.

On obtiendrait ainsi un raccourcissement absolu de 17k,32; et, si l'on tient compte des distances virtuelles, ce raccourcissement serait de 35k,26 environ; par cela, nous évitons les fortes pentes entre Pontarlier et Jougne.

Le profil de cette ligne présente des déclivités insignifiantes entre Frasnes, qui est à la cote 857 mètres, et le tunnel du mont d'Or, qui est à l'altitude de 896 mètres, on descendrait avec une pente de 13 1/2 pour

mille jusqu'à la gare de Vallorbes, au lieu d'une perte de 25 et 20; et la dépense serait d'environ 17 1/2 millions.

Cette amélioration n'est pas la seule possible; si le trafic du Simplon se développait d'une façon considérable, il serait encore possible de diminuer les rampes entre Vallorbes et Daillens, point de jonction avec la ligne de Lausanne, ainsi qu'entre Frasnes et Mouchard, sur le versant français. L'ensemble de toutes ces corrections coûterait 27,200,000 francs.

Voilà, Messieurs, ce que j'avais à vous dire sur cette question. Je ne veux pas m'étendre plus longtemps sur ce sujet; j'ai suffisamment mis votre patience à contribution; je me bornerai à citer sommairement quelques exemples qui permettent de comparer la valeur des différents passages des Alpes, au point de vue des distances et l'amélioration énorme qui résultera pour le trafic de transit, par le passage du Simplon, considéré comme concurrent du Gothard, pour reconquérir le trafic que cette ligne a détourné de la France. J'ai également tenu compte des itinéraires par le mont Blanc. Ces calculs sont faits sur des documents officiels, c'est-à-dire que, pour toutes les lignes, nous nous sommes procuré les tableaux graphiques de la marche des trains indiquant les distances et les profils en long. Pour le passage du mont Blanc, nous avons pris les avant-projets les plus récents, avant-projets qui n'ont été publiés que pour la partie sud; pour le versant nord, il n'y a pas d'autre chose que la brochure de M. le sénateur Charton.

Ainsi, de Paris à Milan, que nous avons pris pour point de comparaison, comme l'a fait la Commission française et M. Amédée Marteau, parce que Milan est le centre du commerce de la haute Italie, nous avons les distances ci-après :

Distances de Paris à Milan.	DISTANCES	
	Réelles	Virtuelles
Par le Simplon et Gozzano	852 kil.	997 kil.
— et Arona	837	976
Par le Saint-Gothard (Mulhouse-Bâle).	900	1,060
Par le mont Blanc (Dijon-Saint-Amour).	993	1,102
Par le mont Cenis —	951	1,200

Ainsi la distance virtuelle de Paris à Milan par le Simplon est de 74 kilomètres plus courte que par le Gothard, de 127 kilomètres plus courte que par le mont Blanc, et de 222 kilomètres plus courte que par le mont Cenis.

Le gouvernement italien a décrété et construit actuellement une ligne qui part de Gozzano, longe le lac d'Orta et entre dans la vallée de l'Ossola à Ornavasso pour la suivre jusqu'à Domo.

Les anciens projets de la Compagnie du Simplon, étudiés sous la direc- de nos collègues, MM. Vauthier et Piarron de Mondésir, suivaient la rive occidentale du lac Majeur, pour rejoindre à Arona la tête de ligne en exploitation. Il est hors de doute que, si le percement du Simplon

était décidé, on reprendrait cette ligne, et qu'on aurait ainsi les deux lignes : celle par Gozzano, qui se dirige vers Novare et Gênes, et celle par Arona sur Milan et Plaisance. La ville de Milan vient de faire faire une nouvelle étude de ce tronçon, qui démontre que la construction en est très facile.

La ligne par le mont Blanc, outre les difficultés techniques qu'on rencontrerait, serait insuffisante pour exercer une concurrence au Saint-Gothard.

Cette ligne du mont Blanc part des mêmes vallées, au nord, débouche dans les mêmes vallées, au sud, que le mont Cenis et la distance est à peu près la même; de sorte que la construction d'une ligne par le mont Blanc partagerait le trafic qui, actuellement, prend le mont Cenis sans rien enlever au Gothard; tandis que le Simplon, qui donne un raccourcissement de plus de 222 kilomètres sur le mont Cenis et de plus de 74 kilomètres sur le Gothard, permettrait au trafic des ports de l'ouest de transiter par la France pour se rendre en Italie, et donnerait une supériorité aux ports de Rouen, du Havre, de Boulogne et de Calais sur les ports d'Anvers et d'Ostende, et permettrait de reconquérir le trafic que leur ont enlevé les ports d'Anvers et de Calais. La somme à dépenser encore pour rejoindre les lignes en exploitation au nord et au sud serait de 104 millions pour le Simplon et de 154 millions pour le mont Blanc. La justification de ces chiffres se trouve dans le Mémoire que j'ai remis à la Société.

Restait un autre argument, de nature politique, et sur lequel les adversaires du Simplon comptaient le plus. On disait qu'il était dangereux d'emprunter, pour les relations avec l'Italie, le territoire d'un pays neutre. Dernièrement, cet argument a été reproduit en termes encore plus vifs : on a prétendu que la construction de la ligne du Simplon avec le concours moral ou financier de la France serait une œuvre antifrançaise. Pour réfuter cet argument, il suffirait de réfléchir que si, en Allemagne ou en Italie, quelqu'un eût dit en 1871 que le percement du Gothard était une œuvre antiitalienne ou antiallemande parce qu'il empruntait le territoire Suisse, celui-là n'aurait pas trouvé les rieurs de son côté, et ceci aurait pu être jugé exactement de la même manière, appliqué au cas qui nous occupe.

Je vous remercie, Messieurs, de l'attention soutenue que vous m'avez prêtée; je crains d'avoir été un peu long, mais le sujet était très complexe. Je suis à votre disposition pour vous donner tous les renseignements qui pourraient vous intéresser. (*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Meyer d'avoir fait le voyage du Simplon à Paris pour nous présenter son intéressante communication, et nous donner sur cette question des documents complets qui permettront d'établir une sérieuse discussion. Une communication sur ce sujet nous avait été faite, comme l'a dit M. Meyer, par MM. Huber et Lommel, en 1878. Mais M. le Président tient à rappeler que, dès l'année 1861, notre regretté fondateur, Eugène Flachat, avait déjà exposé et publié sa magistrale étude de la traversée des Alpes par un chemin de fer; à cette époque, le mont Cenis était à peine commencé, il n'était pas encore question du Saint-

Gothard, et l'auteur concluait à l'avantage du tracé par le Simplon sur tous les autres tracés ; M. le Président tenait à rappeler ce souvenir, parce que la conclusion formulée par Eugène Flachat était alors conforme à celle que vient d'indiquer M. Meyer.

M. Reymond rappelle qu'il faisait partie de la Commission parlementaire française, sous l'influence de laquelle ont été reprises les dernières études du Simplon; M. Reymond était, lui aussi, partisan de ce dernier passage ; mais on fait à ce tracé deux objections très graves sur lesquelles M. Meyer n'a pas insisté, et qui demandent quelques explications complémentaires. La première, c'est le passage sur le territoire suisse. M. Meyer y a répondu par un dernier argument qui a sa valeur, mais l'objection n'en subsiste pas moins tout entière. Un autre point, également très sérieux, est celui-ci : le port de Gênes prend une grande importance aux dépens de celui de Marseille; le mont Cenis est déjà une ouverture sur ce premier port; si vous pratiquez une voie nouvelle, facile, comme le sera celle du Simplon, tout le trafic suisse qui, allant vers la Méditerranée, se dirigeait sur Marseille, se portera sur Gênes, et notre grand port français sera complètement déserté. Ce dernier argument est certainement un de ceux qui ont le plus frappé M. Reymond, et lui ont rendu parfois difficile la défense du passage par le Simplon; il serait très désireux d'avoir à ce sujet une réponse de M. Meyer, dont il pût se servir à l'occasion.

M. Meyer avoue que c'est là, en effet, une objection sérieuse; elle a été examinée, bien qu'elle n'ait pas reçu de réponse officielle; les diverses explications qui ont eu lieu entre les délégués de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, et les questions traitées par M. Noblemaire et M. Amédée Marteau, ont abouti à ce résultat : que le trafic actuel entre la Suisse et Marseille par le chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée consiste principalement en produits des départements du Midi : vins, huiles, etc. ; ce trafic est, en tout état de cause, acquis à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Comme trafic de transit, le plus considérable est le trafic des céréales des bords de la mer Noire, de la Bessarabie, qui arrivent en Suisse, par Marseille, toutes les fois que l'état de la récolte permet de lutter avec les produits similaires de la Hongrie. Trois années de suite, par exemple, ce sont les blés de la mer Noire qui alimentent la Suisse par Marseille, Lyon et Genève ; l'année suivante, s'il arrive une faible récolte en Bessarabie et une bonne récolte en Hongrie, c'est ce dernier pays qui envoie à la Suisse ses céréales, par les chemins hongrois, bavarois, et le lac de Constance ; plus tard, ce sera par l'Arlberg. Or, dans le premier cas, la Compagnie Suisse-Occidentale n'aura jamais intérêt à faire passer ces produits par le Simplon, car le profil de la ligne de Marseille à Genève restera le plus avantageux, surtout si l'on remarque qu'il y aura toujours une grosse difficulté à sortir de Gênes par les fortes rampes de Giovi. Mais la meilleure réponse que l'on puisse faire à l'objection du détournement du trafic de Marseille, c'est que le Simplon ne se fera jamais qu'avec une participation effective de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, et qu'il

y a, à cet égard, connexité d'intérêts entre cette dernière Compagnie et celle de la Suisse-Occidentale; cette garantie sera probablement stipulée dans les traités internationaux qui interviendront s'il est donné suite au projet, et ces garanties absolues assureront le commerce du port de Marseille.

M. Douau s'excuse d'intervenir dans un débat pour lequel il n'est pas préparé, mais la réponse faite par M. Meyer à la demande de M. Reymond ne lui semble pas complète; on a parlé des relations commerciales de la Suisse avec les pays orientaux, relations qui seront détournées de Marseille au profit des ports italiens; on a parlé également du trafic local de la Suisse avec nos départements du Midi, mais on n'a pas parlé du transit général français, qui est le plus important, et qui nous intéresse plus que tout autre; si ce trafic nous est parfaitement assuré en tout état de cause, il n'y a pour nous aucune raison de participer aux travaux du Simplon; c'est à ce point de vue que la question doit être examinée, et il importe que nous recevions sur ce point une satisfaction complète.

M. Reymond avoue que l'argument qui le séduit le plus est celui de la participation de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée; il est évident que cette Compagnie est la plus intéressée dans la question, et son action dans le sens du Simplon serait d'un grand effet pour donner confiance dans cette solution.

M. Meyer demande à ajouter quelques mots d'explications au sujet du transit; le tort le plus considérable fait au trafic de transit français par l'ouverture du Saint-Gothard n'est pas précisément le trafic enlevé au port de Marseille, mais bien celui enlevé aux ports de l'ouest, depuis Calais. Boulogne jusqu'au Havre, et Rouen par les ports d'Anvers et d'Ostende et les chemins de la rive droite du Rhin; c'est surtout pour reconquérir ce trafic, qui, actuellement, passe par la Belgique et par l'Allemagne, que le Simplon aura son effet. Quant au transit passant par Marseille pour aller en Suisse, il est insignifiant, et limité aux céréales de la Bessarabie, destinées à l'alimentation de la Suisse et d'une partie de l'Allemagne du sud, et seulement dans les années ou leur prix est beaucoup plus avantageux que celui des blés de Hongrie. Cette question de l'alimentation de l'Allemagne du sud s'est présentée rarement, et elle ne subsistera probablement plus à l'avenir, que pour la Suisse-Occidentale, parce que l'ouverture prochaine de l'Arlberg ne permettra plus aux produits de la mer Noire d'aller chercher leur marché plus loin que dans la Suisse orientale.

M. Noblot fait remarquer qu'un transit assez important vient d'être enlevé au port de Marseille, non seulement pour la Suisse, mais pour notre malheureuse Alsace; c'est celui du coton, qui passe actuellement en totalité par Gênes et le Saint-Gothard.

M. le Président dit qu'il semble résulter des considérations présentées par M. Meyer que le percement du Simplon aurait pour effet de rendre à la France le transit qui lui est enlevé par le Gothard, mais seulement pour la partie française comprise entre le Havre et la Suisse, sans rien rendre à

Marseille ; le transit perdu pour ce dernier port le serait toujours, et ce serait le port de Gênes qui profiterait du Simplon, comme il a profité du Saint-Gothard.

M. Gillot fait remarquer qu'il y a un remède auquel on ne prête pas assez d'attention ; il est peut-être un peu cher, mais il est radical; c'est la jonction de la Méditerranée et de l'Océan, par un canal à niveau, sans écluses.

M. le Président remercie de nouveau M. Meyer et compte qu'il nous tiendra au courant de ses travaux ultérieurs et des progrès que fera cette question.

MM. Bougenaux de Catelain, Delanoé, Neujean, Diemer, Madrid-Davila, Personne, Pierron, Stevenin, Vernes et Vivares ont été reçus membres sociétaires, et MM. Dehaitre, Moussard et Perny membres associés.

La séance est levée à dix heures et demie.

MÉMOIRE

SUR LE

CANAL MARITIME

ENTRE

SAINT-PÉTERSBOURG ET CRONSTADT

PAR M. N. SERGUEEFF

INTRODUCTION

La ville de Saint-Pétersbourg, capitale d'un grand empire, point central d'un vaste commerce international, n'est pas un port de mer accessible aux navires de tout tonnage.

Les marchandises arrivant du centre de la Russie, soit par voie ferrée, soit par canaux et destinées à l'exportation, ainsi que les marchandises venant de l'étranger par mer et qui doivent se répandre dans le nord de l'Empire russe passent par Cronstadt, où elles subissent des transbordements nombreux et coûteux.

Pour se rendre un compte exact de l'importance de l'échange commercial, il suffit de jeter un coup d'œil sur l'importation et l'exportation qui se fait à Saint-Pétersbourg.

Nous voyons dans les documents officiels publiés tous les ans par le ministre des finances qu'en 1879 le total des marchandises exportées de Saint-Pétersbourg par mer à l'étranger est de 1,407,358 tonnes.

Le total des marchandises importées de l'étranger par mer à Saint-Pétersbourg est de 1,119,200 tonnes (la houille entre dans ce chiffre pour 697,600 tonnes). Donc l'exportation est 1,26 plus grande que l'importation. Pendant les époques navigables, il est entré dans les

ports de Saint-Pétersbourg et de Cronstadt 2,738 bâtiments jaugeant 589,429 tonneaux avec 33,141 hommes d'équipage. Sont partis dans le même espace de temps de Saint-Pétersbourg et de Cronstadt pour l'étranger 2,775 bâtiments jaugeant 587,486 tonneaux avec 28,747 hommes d'équipage. Ne sont pas compris dans ces chiffres 673 bâtiments de travail jaugeant 45,621 tonneaux et comptant 7,083 hommes d'équipage.

Dans le chiffre des bâtiments entrés, il y en a 1,234 à vapeur et 1,504 à voiles. Les vapeurs avec un tonnage moyen de 360,4 tonnes, ceux à voiles de 94,9 tonnes.

La plus grande partie des marchandises exportées se compose de blé, avoine, farine, bois, graine et huile de lin, lin, étoupe, os, chanvre, esprit, etc... Le total du blé et de la farine exportés représente 71 pour 100 en poids de l'exportation totale. En tout il arrive de la province à Saint-Pétersbourg 1,491,840 tonnes, dont 44 pour 100 par eau et 56 pour 100 par voie ferrée. Une partie de ce blé est consommée dans la ville et l'autre est envoyée à l'étranger.

Tableau d'exportation en 1879 :

DÉSIGNATION.	TONNES.	0/0 DU TOTAL.
Céréales	998,400	70,95
Bois et planches	204,000	14,49
Graine de lin	114,064	8,12
Suif et oléine	3,456	0,15
Huile végétale	13,619	0,98
Os	9,405	0,68
Alcool	4,282	0,33
Lin et chanvre	39,920	2,85
Marchandises diverses	20,212	1,45
Total	1,407,358	100 00

Les canaux se ramifiant dans l'intérieur de l'empire russe conduisent les marchandises, pendant la belle saison, dans des barques ou chalands jusqu'à Saint-Pétersbourg. Là, le commerce les transborde sur d'autres chalands, dits *lichteras*, qui font le service spécial jusqu'au port de Cronstadt.

Pour les marchandises venant de l'étranger, l'opération inverse a lieu.

On voit que le commerce doit souffrir beaucoup par les fréquents transbordements de marchandises, et par la perte de temps qu'ils occasionnent.

D'après les sources officielles, la perte éprouvée tous les ans est évaluée à 7 ou 8 millions de roubles; en prenant le rouble au cours du du jour, soit à 2 fr. 60, la perte en francs serait de 18 à 21 millions.

Cette perte ne comprend certainement pas les retards dans la livraison et dans la réception des marchandises, la plus value payée aux assurances maritimes à cause des risques d'avaries et d'échouage sur les bas-fonds.

Pour certaines marchandises, la houille, par exemple, il faut presque autant de temps de Newcastle jusqu'à Cronstadt que de ce dernier point à Pétersbourg, dont il est distant de 30 kilomètres.

Le fret de Newcastle jusqu'à Cronstadt, pour la houille, est de 6 sh. 6, et jusqu'à Pétersbourg 8 sh. 6. Cette augmentation de 2 shellings par tonne et pour une distance de 30 kilomètres n'est justifiée que par le mauvais état du port de Pétersbourg.

La nécessité d'une amélioration n'a pas échappé au génie prévoyant du fondateur de la Russie moderne, à Pierre le Grand. Mais des difficultés sans nombre ont paralysé jusqu'ici tous les efforts des hommes courageux et entreprenants.

L'historique de cette question a été présenté l'année dernière à l'exposition de Moscou par le ministre des voies et communications. Nous nous permettons de traduire, en le résumant, cet intéressant document :

EXTRAIT DU RAPPORT OFFICIEL de Son Excellence le Ministre des voies et communications, présenté à l'exposition de Moscou.

Le grand fondateur de Saint-Pétersbourg, Pierre Ier, désireux d'agrandir les relations commerciales de la Russie en rendant le port de Saint-Pétersbourg abordable aux navires marchands venant de Cronstadt et qui ne pouvaient y pénétrer par suite des bas-fonds de la Néva, résolut de faire creuser un canal qui, partant de l'embouchure de la rivière Fontanka, se dirigerait sur Oranienbaum en longeant la côte du golfe de Finlande pour le transport des chalands chargés à Saint-Pétersbourg de marchandises à destination d'Oranienbaum, où, en suivant la digue marine, ils auraient pu atteindre le chenal et remettre là leurs

marchandises à des navires de gros tonnage. Ce canal devait avoir 32 mètres de large et 7 pieds de profondeur.

La trace de ces travaux a été conservée longtemps entre Strelna et le désert de Serge.

A la mort de Pierre le Grand, l'exécution de ce projet fut abandonnée; mais la barre de la Néva continuant à être toujours un obstacle au transport des marchandises entre Cronstadt et Saint-Pétersbourg, lors de la construction du chemin de fer Nicolas, en 1845, on reconnut de nouveau la nécessité de mettre fin à cet état de choses.

Jusqu'en 1860 un grand nombre de pétitions et de projets furent adressés aux différents ministères. Ces projets, étudiés par une commission spéciale composée des délégués de plusieurs départements et des principaux négociants, furent trouvés tous incomplets. Le 20 janvier 1872, sur un rapport émanant du ministre des voies et communications, comte Bobrinski, une ordonnance a institué près du ministère une commission présidée par l'ingénieur Kerbeds et composée des principaux chefs de service et des notables commerçants, qui devait étudier tous les projets présentés.

Pour bien guider les travaux de cette commission, le comte Bobrinski lui posa les principes suivants qui devaient servir de base à leurs délibérations :

1° Conserver au port de Saint-Pétersbourg sa valeur actuelle.

2° Satisfaire, en général, aux nécessités imposées par les besoins du commerce national.

3° Contribuer à la défense du pays en détournant toute relation commerciale du port de Cronstadt, qui devait être exclusivement considéré comme port de guerre.

Suivant cet ordre d'idées, deux projets, sur vingt-deux présentés, furent reconnus acceptables ; celui de la Compagnie Cotard, Champoulion et Janicky, et celui du conseiller actuel, Poutiloff, sauf quelques modifications apportées par la commission.

Au mois de juin de la même année, le Ministre des voies et communications présenta ces projets à une commission supérieure, réunie par ordre de l'Empereur sous la présidence de Son Altesse Impériale le général-amiral.

La dite commission a émis les vœux suivants :

1° Établir un canal d'une profondeur de 20 pieds entre Cronstadt et la Néva pour le passage des navires ayant un tirant d'eau d'au moins

18 pieds et demi. Ce canal sera exécuté et entretenu aux frais de la couronne et considéré comme voie de communication de l'État.

2° Ce canal serait dirigé par le chenal de Catherinoff, de la Néva entre l'île Canonnière, d'un côté, et les îles Wolnoy et Goutouieff, de l'autre.

3° Les constructions, sur ces îles, de bassins et de docks reliés par de nouveaux canaux, seraient laissées à des entreprises particulières, mais jouissant de garanties indispensables à toute possibilité de monopole.

Le 19 mai 1873, un projet d'établissement reposant sur ces bases fut revu par le conseil des ministres, convoqué par S. M. l'Empereur. Ce projet, reconnu en tout conforme aux exigences voulues, devait être exécuté dans l'espace de six ans au prix de 7,422,718 roubles, et reçut la sanction de S. M. l'Empereur le 13 juin 1874.

C'est sur ces bases que fut établie le 12 août 1874 la direction temporaire et, par contrat passé le 26 octobre 1874, les travaux furent confiés à M. Poutiloff et à ses associés.

Malheureusement les débuts des travaux furent pénibles par suite des avaries qu'avaient subis, pendant le voyage, les appareils et machines venus d'Angleterre, et le retard dans leur montage et aussi la perte totale de plusieurs d'entre eux.

Ce ne fut seulement que trois ans plus tard qu'on a pu commencer des travaux réguliers; le contrat passé en 1874 exigeant des modifications relatives aux termes et conditions y énoncées fut annulé et remplacé par un autre contrat en date du 19 avril 1878, passé avec le même Poutiloff, Edwin Clark, William Ponchard et Cie, qui se chargèrent de la continuation et de l'achèvement des travaux entrepris par M. Poutiloff.

L'achèvement de ces travaux fut fixé au 1er juillet 1883.

Le 10 janvier 1879, les entrepreneurs anglais Clark et Ponchard remirent par contrat tous leurs droits à deux ingénieurs, M. Boreischa et M. Maximovitsch (Serge).

Depuis cette époque l'avancement des travaux se fait avec succès, mais, après quelques études faites, on a reconnu la nécessité de modifier la direction du canal et d'opérer quelques changements.

Ces changements étaient les suivants :

1° Creuser le canal maritime en deux bras, l'un se dirigeant au nord de la Néva et des magasins de la douane de l'île Goutouieff (sur

laquelle l'État acquit, en 1876, 46 hectares à M. Bernadaki), et l'autre, allant au sud vers le village d'Emelianowka.

2° A l'embouchure de l'embranchement du nord dans la Néva, on devait creuser le port d'entrée en établissant sur le côté du sud de ce havre des magasins de la douane pour les marchandises importées, laissant aux soins du ministre des finances l'organisation de ces magasins.

3° Le long du bras du canal allant au sud devaient être construits des magasins pour les marchandises exportées, mais ceux-là devaient être installés par des particuliers sans leur accorder un monopole quelconque.

4° L'embarcadère des navires qui, dans le règlement de la Compagnie du chemin de fer Poutiloff, devait être sur la partie nord du canal, sera placé sur la partie sud.

Maintenant, pour compléter l'idée de Pierre le Grand qui a été décrite au commencement de ce rapport, il est indispensable de donner à la navigation des chalands qui apportent à Saint-Pétersbourg les marchandises de la province, la possibilité de charger immédiatement leur cargaison sur des navires dans les magasins du port.

Ce but sera atteint par l'établissement d'une voie navigable pour les chalands qu'on propose de mener vers le port de Saint-Pétersbourg, non par la Néva, où leur marche serait entravée par les ponts et la barre de l'embouchure, mais en creusant un canal spécial contournant la ville.

En vue de ce projet, le ministre des voies et communications fut chargé, le 1er janvier 1874, de faire faire les études nécessaires pour la construction de ce canal d'après les projets présentés par M. Poutiloff : en 1875 on proposa de creuser ce canal, qui commencerait en amont de Pétersbourg, près l'usine de la verrerie, et qui aboutirait au village Emelianowka.

La réalisation de ce grand travail, qui serait le complément du port de Saint-Pétersbourg, est ajournée pour alléger le Trésor, la construction du canal maritime exigeant des sommes considérables.

Avantages du nouveau canal.

Les avantages du nouveau canal sont nombreux le commerce et l'industrie pourront, sans perte de temps, échanger par mer leurs produits.

Les navires à voiles aussi bien que les vapeurs venant de l'étranger, arriveront à Cronstadt et de là, sans transbordement, prendront le canal à l'extrémité duquel, du côté de Pétersbourg ils trouveront de vastes bassins, des entrepôts, la douane et les chemins de fer reliés à tout le réseau russe.

Les marchandises venant de l'intérieur de la Russie doivent, avant l'achèvement du second canal dans l'intérieur des terres prendre la Néva et rejoindre à l'embouchure de ce fleuve le canal maritime.

En ce moment la communication par eau entre Saint-Pétersbourg et Cronstadt se fait par le chenal tracé à travers le vaste delta de la Néva. Ce chenal est étroit et sinueux. Sa profondeur est très variable. La plus faible est de 2^m, 90 ou 9 3/4 pieds anglais.

La première pensée qui vient à l'esprit de l'observateur qui étudie la carte du delta de la Néva et qui se propose de tracer un canal entre Saint Pétersbourg et Cronstadt, c'est d'approfondir le chenal déjà existant et de l'endiguer en prolongeant jusqu'à 16 ou 18 kilomètres les quais de la Néva.

On aurait en apparence les avantages suivants :

Moins de déblais à faire, car la moindre profondeur du chenal, est d'environ 3 mètres.

Pas d'ensablements car le régime de la Néva n'est pas torrentiel, ce fleuve n'est que le déversoir du lac Ladoga et il traverse des terrains peu limoneux. En tous cas, la vitesse du courant aussi bien dans le fleuve que dans le canal qui lui aurait servi de prolongement est un sur garant contre les ensablements.

Saint-Pétersbourg a un triste privilège ; bâti sur des bas-fonds, sur des terrains marécageux, une bonne partie de la ville et des îles sont à une faible élévation de l'étiage. Aussi quand le vent souffle de l'ouest et du nord-ouest, l'eau du delta se trouve refoulée vers les rives de Pétersbourg et forme une barre devant la Néva en empêchant son écoulement naturel.

L'eau monte très rapidement dans le fleuve et atteint quelquefois

une hauteur considérable, se répand par les bouches d'égout dans les quartiers bas de la ville qu'elle inonde.

Il semble que le canal qui aurait simplement utilisé le chenal de la Néva n'aurait pu, jusqu'à un certain point, empêcher les inondations périodiques et inévitables d'une partie de la ville en permettant à la Néva d'écouler naturellement ses eaux par un canal à l'abri de la barre et en dehors de l'influence du vent.

Malheureusement la Néva n'a pas qu'un bras, mais six auxquels il faut adjoindre des canaux. Les vents d'ouest refoulant une grande partie de l'eau du golfe vers la capitale, la nappe liquide n'aurait pas pu s'écouler par le canal et les inondations n'auraient pas été supprimées.

Toutes ces objections ont été posées devant la commission qui a préféré creuser un canal spécial en ligne droite et ne faisant pas prolongement à la Néva.

Le chenal de la Néva est trop étroit, du reste, pour permettre le placement des appareils d'extraction, tels que dragues et autres, sans entraver la navigation et sa direction est trop *éloignée de la ligne droite.*

Description du canal.

Le canal devant servir à la circulation des navires de grand tonnage allant à l'étranger ou en venant, a une profondeur uniforme de 22 pieds ; originairement on avait fixé le tirant d'eau à 20 pieds anglais ou $6^{m},114$.

Partant de l'embouchure de la Néva où il s'élargit en un grand bassin, destiné aux produits d'importation, il suit pendant environ 3 kilomètres une direction sud, étant complètement endigué du côté du golfe, et en partie du côté des terres ou bas-fonds.

Sa largeur navigable en cet endroit (Plan général, pl. 50), coupe AB, est de 63 mètres.

Entre les pieds des digues cette distance est de 140 mètres.

Ce canal se raccorde par une courbe à grand rayon avec le canal allant en ligne droite sur le port de Cronstadt (coupe GH). Au point de raccordement il se réunit à un embranchement qui plus tard deviendra un canal rejoignant la Néva en amont de la capitale.

Au kilomètre 7 de ce canal se trouve un bassin destiné à recevoir

tous les produits d'exportation arrivant soit par canaux de l'intérieur de la Russie, soit par voie ferrée.

A cet effet, deux embranchements reliant le chemin de fer de Varsovie, de Moscou, de la Baltique se dirigeront l'un sur le bassin d'importation situé sur l'île de Goutouieff et l'autre sur le bassin d'exportation situé au kilomètre 7.

Les deux branches étant réunies forment un canal unique.

La largeur navigable en cet endroit est de 84 mètres et la distance entre les pieds des digues est de 139 mètres. Sa section pendant 3 kilomètres est uniforme ; elle est représentée par la coupe EF pl.50. Sa longueur navigable est de 84 mètres et la distance entre les pieds des digues est de 210 mètres.

On a pratiqué au 8e kilomètre une coupure dans les digues pour permettre aux petites embarcations de traverser le canal sans faire un long détour.

Cette ouverture pourra être, plus tard, lorsque la nécessité s'en fera sentir, fermée par un môle.

Entre le 11e et 12e kilomètre le canal s'élargit pour former un bassin d'une largeur navigable de 180 mètres et d'une longueur de 400 mètres. Sa profondeur est la même que celle du canal, 6 mètres 725 coupe LM. A partir du 12e kilomètre jusqu'au 28e le canal a une largeur navigable de 84 mètres et il n'existe pas de digues.

A cet endroit du golfe l'eau atteint 12 à 15 pieds de profondeur. On a admis que les vagues courtes, et n'ayant pas beaucoup de creux n'agitent pas les couches inférieures de l'eau et ne provoqueront pas d'ensablements dans la partie navigable.

Et du reste, dans le cas contraire, il est à présumer qu'il y aurait plus d'économie à entretenir une drague à poste fixe que de construire des digues.

Avant de faire le tracé du canal, les ingénieurs ont exécuté un grand nombre de sondages pour déterminer la profondeur de l'eau et la nature du terrain.

Le premier terrain rencontré par la sonde est du sable dont la croûte, est assez dure pour résister aux attaques de certaines dragues américaines qui travaillent de haut en bas. Nous verrons plus loin à quoi est dû l'insuccès de l'entreprise Morris Cumming et Cie de New-York.

Les dragues à godets attaquant le terrain de bas en haut n'étaient pas gênées par la dureté du fond.

Les différentes couches de terrains sont :

Glaise sablonneuse.
Glaise liquide.
Glaise grise.
Glaise dure.
Glaise verte.
Sable.
Sable avec cailloux.
Terrains rapportés. — Gravats.

Commencement et mode des travaux.

Comme il est dit plus haut les travaux réguliers ont commencé seulement en 1877. L'année 1876 a été employée au montage et à l'essai des machines et engins divers venus de l'étranger. On a commencé les déblais dans la partie sud du canal, celle qui jusqu'au 16 mai 1879 devait utiliser le chenal de Catheringoff pour rejoindre la Néva. Le peu d'eau du chenal de Catheringoff était un obstacle à la bonne marche du travail. En effet sa profondeur n'excédait pas 4 pieds et les chalands chargés de déblais étaient conduits par de petits remorqueurs, franchissaient la barre de la Néva, puis étaient remis à d'autres remorqueurs plus puissants pour être conduits au lieu de décharge. Malgré ces inconvénients et d'autres inhérents au peu de développement donné au chantier pendant la saison 1877 on a extrait 23,000 sagènes cubiques ou 226,550 mètres cubes.

En 1878	on a extrait	493 000	mètres cubes.
1879	»	734 700	»
1880	»	1 497 300	»
1881	»	1 116 000	»

Depuis le commencement des travaux jusqu'en 1882 il a été extrait 4 055 000 mètres cubes, c'est-à-dire les 2/3 du cube total. Le tiers restant sera extrait pendant les campagnes 1882-1884. Les saisons de travail à Saint-Pétersbourg sont courtes. On ne peut guère compter

que sur 125 journées de travail de la drague : donc depuis le commencement des travaux effectifs jusqu'en 1882 on a travaillé 625 journées, soit une moyenne pour la totalité du cube extrait qui est de 4 055 000 de 6 483 mètres cubes par jour, et pour différentes années nous enregistrons les résultats suivants :

En 1877	par jour	1 712	mètres cubes.
1878	»	3 944	»
1879	»	5 877	»
1880	»	11 978	»
1881	»	8 925	»

Pendant que les différentes dragues approfondissaient le canal, on construisait, en 1878, les digues avec une partie des déblais. Les digues devant protéger le canal sont de deux sortes : celles qui sont exposées dans le golfe aux vagues et celles qui sont à l'abri de leur effet destructeur. Ces dernières dont la coupe AB est représentée, planche 50, formées avec des déblais extraits derrière les palplanches, sont, jusqu'à l'étiage, protégées par des planches jointives. Le cavalier est garni du côté extérieur de galets posés sur une couche de pierres concassées. Les digues se trouvant dans le golfe réclamaient avant les remblais, une base solidement construite. Pour les parties où l'eau avait peu de profondeur, on posait primitivement deux lignes de fascines maintenues par des enrochements. Pour les endroits plus profonds, le pied des digues sous l'eau était protégé par deux rangs de caissons en bois remplis de galets.

La figure C, planche 50, représente le profil primitif de la digue d'après lequel les travaux ont été adjugés aux premiers entrepreneurs MM. Poutiloff, Edwin Clark et Ponchard. Nous voyons que les talus à 8° sont sans protection contre l'action des vagues. Le gouvernement s'est décidé à changer ce mode de travail avant même le commencement d'exécution et il a conclu une nouvelle convention avec les mêmes entrepreneurs en leur imposant le profil figure D, planche 50.

On a éprouvé quelques difficultés dans le déchargement des chalands quand la digue n'avait que 2 ou 3 pieds au-dessus de l'étiage, car les vents d'ouest faisaient monter le niveau et l'eau entraînait les terres fraîchement déchargées. On a dû renoncer aux fascines à la suite d'une tempête du 24 août 1879. L'eau est montée à 7, 1/4 pieds au-dessus de l'étiage, les travaux entre l'île des Canonnières et l'entrée

au 8e kilomètre du port CD, (voir le plan général), furent considérablement avariés. On a résolu de profiter dans ladite digue des restes des fascines, en les faisant bien enrocher (voir dessin GH, planche 50).

Quant aux digues qui s'avancent dans le golfe, on a décidé de placer au-dessus des caissons noyés d'autres semblables en bois remplis de galets et destinés à être démolis plus tard, profil EF, planche 50.

La face extérieure de la ligne regardant le golfe est garnie de deux épaisseurs de pavés formant une hauteur de $0^m,45$ environ, profil GH, planche 50. Quand le fond du canal était bien sondé ainsi que l'emplacement des caissons, on construisait ces derniers en bois de sapin non équarri de $0^m,24$ assemblé aux extrémités à demi-bois et dont le profil du fond suivait les sinuosités du terrain sur lequel ils devaient se reposer. On les construisait de très grandes dimensions, puis on les amenait en les faisant flotter jusqu'à l'endroit où on les enfonçait avec des galets. Ces galets proviennent des bords de la Finlande. La partie du canal une fois limitée par deux lignes de caissons sur chaque rive, les dragues et les chalands venaient entre les deux rangées de caissons verser les déblais par leur fond mobile.

Tant que les chalands avaient assez d'eau entre les caissons pour pouvoir naviguer, on montait la digue avec des déblais. Lorsque la navigation devint impossible on eut recours au système de Mud-pump qui remplissait avec de la boue liquide tout l'espace compris entre les deux étages de caissons. L'eau après avoir déposé les déblais s'écoulait par des rigoles préalablement ménagées. Afin que la boue liquide ne puisse filtrer à travers les caissons supérieurs remplis de galets, on applique contre sa face interne *bb* (voir plan EF) soit une couche de glaise, soit une couche de fumier maintenue par des planches.

Plus tard quand le remblai avait pris de l'assiette, on relevait à bras d'hommes les prismes C C (plan EF) et on formait un prisme trapézoïdal *d* ayant le même volume que le premier prisme. Les formes définitives des digues sont figurées planches EF et LM. Le talus extérieur est garni de galets posés sur une couche de pierres concassées de $0^m,53$ d'épaisseur et la face regardant le canal sur une couche de $0^m,20$ environ. Les galets provenant du petit caisson supérieur étaient étalés aux pieds de la digue pour le protéger contre les vagues et les glaçons, et le caisson lui-même était démoli.

Dans la partie du canal non endiguée les déblais sont faits à la drague et transportés par des chalands directement à l'endroit de décharge.

Il n'existe aucune protection contre les ensablements. Les bouées marqueront la partie navigable.

Nous avons vu plus haut que les faces obliques de la digue étaient garnies de maçonnerie en pierre sèche sur un lit de ballast. Cette défense contre le clapotement des vagues sera-t-elle efficace et l'eau incessamment agitée ne viendra-t-elle pas affouir le sable ou les terres placées derrière les enrochements et provoquer des affaissements dans le mur de soutènement? L'avenir répondra. Dans tous les cas les avaries sont à prévoir.

Les caissons en bois étaient construits, une partie l'hiver, une partie l'été. Pendant l'hiver la descente des caissons de la glace dans l'eau se faisait plus commodément, on avait plus de facilité pour la direction de la ligne des caissons. On avait l'hiver l'avantage de payer les charpentiers meilleur marché. Les galets et pierres devant être amenés au pied d'œuvre en traîneaux coûtaient 9,36 au lieu de 6,50 le mètre cube, prix de l'été.

On procédait à la construction des caissons de la façon suivante : quand la direction des caissons était bien fixée on dégarnissait la glace de la neige qui la recouvrait et on installait une équipe de 20 ouvriers munis de barres en acier appointées. Ces derniers pratiquaient une rigole en frappant en mesure, clivant la glace en grands parallélipipèdes nommés *cabans*, dont la longueur dépassait de 0^{m},60 la largeur du caisson. Cette dernière varie suivant la profondeur de l'eau et oscille entre 3^{m},20 — 4^{m},26 et 6^{m},39. La largeur des *cabans* est de 1^{m},84. L'épaisseur de la glace est très variable à Saint-Pétersbourg, elle dépend de la rigueur de l'hiver et de la quantité de neige qui protège l'eau contre la congélation. La plus grande épaisseur est de 1^{m},07. Le volume moyen du *caban* est de 3 mètres cubes. On a éprouvé de grandes difficultés pour se débarrasser de la glace concassée. On est arrivé à une heureuse solution en faisant glisser le caban sous la glace en le poussant avec des perches et les barres qui ont servi à la briser. De cette façon on dégarnissait complètement la tranchée et on repêchait les menus morceaux avec des épuisettes.

Tout le bois pour les caissons était chargé sur un des bords de la tranchée; l'autre était réservé à l'arrivée des trains de pierres.

On construisait le caisson en posant d'abord en travers la tranchée un rang de poutres à 3 mètres de distance et dépassant d'un mètre la largeur de la tranchée, sur lesquelles on faisait le plancher et quatre ou cinq couronnes de rondins. La charpente arrivée à cette hauteur on défonçait la glace de dessous les poutres afin de plonger le caisson. Les poutres étaient alors retirées avec des crocs et la superstruction s'achevait sur le caisson flottant. Pour noyer le caisson on le chargeait aussi uniformément que possible avec des pierres afin d'éviter les déviations de la verticale, les disjointements pouvant quelquefois nécessiter le travail des scaphandres.

Dans le projet primitif du gouvernement le bord supérieur du caisson était à $0^m,50$ sous l'étiage dans la crainte que la débacle de la glace n'emportât la partie supérieure du caisson. Heureusement que cette crainte ne s'est pas justifiée. Depuis on s'est décidé à faire les caissons dépassant l'étiage, ce qui a rendu leur construction beaucoup plus facile. Il a fallu terminer la construction d'environ 5,000 mètres de caissons noyés, au minimum, à $0^m,50$ sous l'eau. Ce travail était extrêmement pénible, car les ouvriers se trouvaient souvent dans l'eau par 15° de froid. Il n'y a que les travailleurs Russes, habitués dès l'enfance aux intempéries du climat, capables de résister à ces dures épreuves.

Afin de diminuer le plus possible les solutions de continuité entre deux caissons consécutifs, on avait intérêt à les construire en leur donnant la plus grande longueur possible. Ces longueurs dépassaient souvent 70 mètres. Il arrivait quelquefois pendant l'hiver que la glace, poussée par le vent, se déplaçait et découronnait une partie des caissons non noyés. Toute la tranchée allait à la dérive. On avait dans ce cas, heureusement rare, recours aux scaphandres et on assemblait la charpente de nouveau. Toutes les couronnes de charpente superposées sont réunies entre elles par des clous à rédents et les moises serrées par des boulons. Pour rehausser les anciens caissons précédemment noyés et les réunir aux couronnes nouvelles on se servait de clous de $0^m,90$ de longueur traversant les rondins en bois.

Les pierres pour léster les caissons étaient amenées par le chemin de fer Baltique à 120 kilomètres de distance et en traîneaux du bord d'Oranienbaum jusqu'à la tranchée. Ce sont les Finlandais qui dans de petits traîneaux transportaient les pierres jusqu'aux caissons. Bêtes

et gens, habitués l'un à l'autre, rudes à la fatigue, au froid et à la misère, courageux et sobres, sont admirables dans leur travail. L'hiver dernier on a compté jusqu'à 6,000 traîneaux arrivés devant la tranchée. Pour décharger les pierres dans les caissons noyés, les Finlandais faisaient reculer le traîneau jusqu'au bord de la tranchée où ils le basculaient. Il arrivait quelquefois pendant cette opération que le cheval et son conducteur tombaient à l'eau. On fouettait la bête pour la faire réchauffer en courant. L'homme était repêché et porté dans un baraquement mobile situé près du chantier servant d'ambulance et d'agence de travaux. Ceci se passait en plein hiver par 15° et 20° degrés de froid.

La construction des caissons présentait quelquefois, pendant l'hiver, des difficultés énormes. Ainsi quand l'eau montait rapidement sous l'action du vent, dans les grands fonds la glace surnageait, mais dans les bas-fonds elle restait attachée au sol et l'eau débordant formait des lacs. Les travailleurs marchaient par un froid excessif dans $0^m,60$ d'eau; quant aux traîneaux ils naviguaient complètement noyés. On donnait aux ouvriers une bonne paire de bottes pour les encourager dans ce pénible travail. D'autres fois les travailleurs étaient surpris par un chasse-neige à 5 kilomètres de toute habitation. Impossible de se tenir debout sur la glace, chassés par un vent violent, ces malheureux étaient forcés de faire ce chemin en rampant sur les genoux.

La plus grande partie des caissons était construite pendant l'hiver, une autre était faite pendant l'été. Pendant la belle saison la charpente des caissons était assemblée sur le bord du golfe, choisi de façon à présenter des bords abrupts et une certaine profondeur d'eau. On construisait le caisson d'une longueur de 71 mètres composé d'un plancher et de cinq couronnes de rondins. Quand cette charpente était achevée, cent hommes, au commandement, enlevaient les coins qui la maintenaient et elle glissait dans l'eau. Un remorqueur la transportait par un temps calme et on l'assujétissait sur l'emplacement qu'elle devait occuper. Alors de tous côtés arrivaient des barques avec des pierres et la chargeaient aussi uniformément que possible. On a employé pour les caissons et les batardeaux 500,000 poteaux, la plupart ayant de $0^m,18$ à $0^m,22$ de diamètre dans la partie la plus mince et de $6^m,40$ à $8^m,50$ de long. Le bois arrivait de l'intérieur de la Russie, des gouvernements de Novgorod et de Vologda par canaux jusqu'à Schlusselbourg,

puis par la Néva et le golfe jusqu'à pied d'œuvre. Quand le bois manquait pendant l'hiver, on le faisait venir par le chemin de fer Baltique d'une distance de 120 kilomètres. Le bois, comme il est dit, venait généralement par eau. Le radeau est composé de six rangs d'environ 200 poteaux. Dix radeaux réunis ensemble forment un train de bois. A la partie postérieure un gouvernail, formé par un long poteau, guide le train sur lequel on établit des baraquements pour abriter le personnel.

La protection des digues se faisait par un revêtement en galets. Il est entré dans leur construction, ainsi que pour noyer les caissons près de 720,000 mètres cubes. Pendant l'été la plus grande partie des galets venait de la Finlande. Primitivement on les tirait du golfe, le long de la rive d'Oranienbaum. C'étaient de petits industriels qui se livraient à cette exploitation. Ils sont tous originaires du gouvernement de Twer, bons marins, vivant sur les bords d'un grand lac du nom d'Ostashe, d'où provient le nom d'*Ostachis* qu'ils portent. Les *Ostachis* travaillent toujours par deux, la petite embarcation est leur propriété. Ils tirent le galet à $4^{m},28$ de profondeur avec des harpons et des gaffes spéciales.

Les galets commencent à devenir rares le long de la rive d'Oranienbaum, résidence d'été de l'empereur, et les tireurs de cailloux doivent aller bien loin pour gagner leur pauvre vie.

Il y a un fait assez curieux que nous ne voulons pas passer sous silence et qui prouve l'honnêteté de ces petits industriels. Au commencement de la saison, les entrepreneurs du canal MM. Boreischa et Maximovitsch pour équiper la petite flotille de ces tireurs de galets, sont forcés de leur faire des avances de fonds, garantis par l'engagement collectif des habitants du village d'où sortent ces travailleurs. Les paysans sont pauvres, obérés d'impôts, ayant souvent de maigres récoltes; malgré cet état de choses, les avances, constituant souvent de grosses sommes ont été, à très peu d'exceptions près, régulièrement remboursées.

Les cailloux concassés schisteux, servant de base au pavage, viennent de Ladoga et sont transportés par le canal de Schlusselbourg, la Néva et le golfe jusqu'à pied d'œuvre. La plus grande partie des pierres provient de la Finlande à 150 kilomètres de distance. Les galets ronds arrivaient des bords du golfe, et le granit de la carrière de Piterlaks.

Les Finlandais transportent les pierres sur leurs propres barques et comme ce commerce est lucratif, le nombre de ces industriels augmente d'année en année. En 1882 le nombre des voyages a atteint 3,000, comptant que chaque barque en fait de 9 à 11 durant l'été. Les premières barques, de faible tirant d'eau, transportaient de 40 à 50 mètres cubes de pierres. Actuellement on en construit de préférence de 2^{m},50 de tirant d'eau pouvant porter jusqu'à 70 mètres cubes.

Depuis cinq années que durent les travaux, deux graves avaries ont eu lieu : le 24 août 1879 la tempête a détruit une grande partie des digues consolidées primitivement avec des fascines. Le gouvernement, reconnaissant lui-même le mauvais système de construction des digues et l'ayant modifié depuis, n'a pas appelé les deux entrepreneurs en responsabilité, et il a pris les avaries à son propre compte; mais il n'a pas pu naturellement indemniser les intéressés de la perte des matériaux accumulés sur les cavaliers et que les vagues ont éparpillés sur les berges du golfe, ni leur tenir compte des dommages causés par le chômage. Une autre tempête en date du 26 mai 1881 a démoli 850 mètres de caissons non complètement lestés de pierres. On a été obligé d'en construire d'autres à côté de ceux détruits.

Un fait digne d'être relaté ici : c'est que le gouvernement n'a pas payé un rouble pour les ensablements, et cependant, d'après son contrat, il s'oblige à prendre à son compte tous les ensablements résultant de la destruction par les tempêtes. Ce paragraphe du contrat a soulevé des rumeurs dans le public. On prétendait qu'on laissait une porte ouverte aux abus ; on craignait qu'on ne dressât des procès-verbaux de réceptions fictifs des travaux et qu'on ne mît plus tard sur le compte de la première tempête venue une destruction imaginaire des digues et l'ensablement du canal. On citait des abus commis dans ce pays ; comme certains travaux où des brise-lames et des empierrements avaient été reçus par une commission et payés par le Trésor; puis à la suite de la première tempête on annonçait officiellement que ces travaux étaient détruits, quand en réalité ils n'avaient été exécutés que sur le papier. On s'est souvenu de ce qui s'est passé pendant la guerre de Crimée où sont morts en route d'une épizootie des troupeaux imaginaires de bœufs que le gouvernement a payés et qui n'ont jamais été expédiés.

L'article précédent, cette épée de Damoclès suspendue sur la tête du gouvernement, a été jusqu'ici lettre morte. Il a fallu, il est vrai, garantir

les entrepreneurs contre des cas de force majeure, contre les éléments déchaînés dont les dégâts auraient ruiné l'entreprise. MM. Boreischa et Maximovitsch ne peuvent pas prendre la responsabilité des projets dont ils ne sont que les exécuteurs. Ils reconnaissent en effet les côtés faibles de ces travaux et les membres de la commission temporaire ont souvent la main forcée par des limites budgétaires.

En Russie, comme partout ailleurs, l'exécution des contrats dépend de la loyauté des contractants.

Mode de travail.

Dans la partie du canal où les travaux sont exécutés derrière les batardeaux, les déblais se font à bras d'hommes et le transport aux digues par des brouettes, des tombereaux et la voie ferrée. Dans la partie où l'on se servait des dragues, le transport s'opérait au moyen du mud-pump, de Burt et Freemann qui a été employé au canal d'Amsterdam. Cet appareil consiste en un cylindre vertical en tôle, à la partie inférieure duquel se trouve une roue à palettes. Les déblais extraits sont conduits dans le cylindre dans lequel on projette un fort jet d'eau avec une pompe centrifuge, produisant une boue liquide. La roue chasse cette boue dans des tuyaux flottânt sur l'eau et reliés entre eux par des ajustages en cuir. La boue est conduite dans l'espace compris avec les caisses, dépose les parties solides et l'eau s'écoule dehors par des rigoles.

Dragues. — Les dragues travaillant à l'excavation du canal sont des engins puissants construits en grande partie en Angleterre et quelques-uns en Suède.

Les dragues à godets se composent de deux chaînes sans fin sur lesquelles on attache une série de godets en tôles; le tout est contenu dans un cadre métallique pouvant monter ou descendre à la demande des profondeurs à creuser. Une machine à vapeur donne le mouvement à la partie supérieure aux deux chaînes sans fin. Un chaland en tôle contient tous ces appareils. Nous reproduisons planche 51, figures 10 à 13 les différentes vues des dragues les plus puissantes, celle de construction anglaise de Rait Lindsay et Cie, de Glascow (Écosse). La machine à vapeur verticale à pilon, à deux cylindres, système Compound, et une

force de 200 chevaux. Les chaudières sont du type de la marine à 2 foyers et 83 tubes chacune d'une surface de chauffe de 63^{m2}. Ces dragues travaillant sans mud-pump fournissent 180^{m3} de remblais. Les godets, au nombre de 29 et d'une capacité de 0,324, se meuvent dans un plan vertical et penètrent renversés dans l'eau dehaut en bas, arrivent sur le lit du canal, se redressent, remplissent leur capacité de remblais, remontent, sortent de l'eau et, arrivés au tournant, déversent la terre remontée dans des conduits en tôle qui la mènent dans les chalands.

Nous verrons à l'article matériel le nombre, la nature des différentes dragues et leur production. Nous passerons maintenant à la description d'une drague peu connue employée par les sous-traitants américains Morris Cumming et Cie, de New-York.

Drague américaine. — Les machines excavateur de cette Compagnie creusent le lit du canal au moyen d'une caisse demi-cylindrique en fer, s'ouvrant suivant une génératrice. Elle descend ouverte au fond de l'eau et, par son propre poids, pénètre dans le lit du golfe et se referme, dès qu'on exerce une traction du dehors, entraînant dans son intérieur un volume plus ou moins considérable de déblais. Les terres, ainsi soulevées, sont rejetées dans des chalands stationnant à côté de l'extracteur, pour être déchargées ailleurs. Nous reproduisons planche 51, figures 6, 7, 8 et 9, les différentes vues de la nouvelle drague à cuiller.

Un chaland en bois sert de véhicule à la drague et contient une machine à vapeur horizontale, avec marche avant et arrière à haute pression, actionnant directement par chaîne la cuiller d'extraction dont l'ensemble est suspendu à une flèche soutenue par une grue en bois. Pour donner au chaland un point d'appui fixe au milieu du golfe, exposé qu'il est aux vagues et aux efforts du vent, on descend au milieu du bateau un pieu armé à son extrémité inférieure d'une pointe en fer et qu'on force avec un palan à pénétrer dans le lit du golfe. Quand on a atteint par l'excavateur la profondeur voulue du canal, on remonte le pieu, on déplace le bateau avec des treuils qui tirent sur des chaînes ancrées et on redescend de nouveau le pieu armé. Quand on compare cet excavateur à une drague on y voit les avantages suivants :

Utilisation plus rationnelle de la force motrice ; la drague, en effet, mettant en mouvement tous les godets fixés à une chaîne sans fin

traîne un poids mort considérable. La machine américaine dans la descente du godet déroule sans effort la chaîne.

Dans la montée la drague à godets élève à une certaine hauteur les déblais pour les laisser retomber dans un conduit allant au chaland. La machine américaine ne soulève les déblais que juste à la hauteur du plancher du chaland. Le mécanisme est conduit par un seul ouvrier qui, assis dans une guérite, manœuvre les différents leviers pour la marche en avant et en arrière, ainsi que pour virer la flèche à droite et à gauche. La drague américaine travaille alternativement avec des chocs violents et des vibrations qui doivent certainement nuire à la bonne conservation du mécanisme.

En sus de l'appareil décrit ci-dessus, pour approfondir les parties du canal maritime garanties par les batardeaux ainsi que les bassins de Goutouiéff, on se sert d'un excavateur système Gabert d'une construction française. La disposition de l'ensemble rappelle la drague à godets, seulement travaillant sur terre ferme. Un wagon se mouvant sur des rails contient une charpente soutenant une élingue et deux chaînes sans fin attachés à seize godets en tôle. Le mécanisme qui les fait mouvoir consiste en une machine à vapeur inclinée à haute pression avec marche avant et arrière, assise sur la plate-forme du wagon à côté d'une chaudière horizontale à foyer intérieur et à retour de flamme tubulaire. Un petit cheval, avec marche avant et arrière sert à la translation du wagon sur la voie ferrée. Les rails étant posés parallèlement au front d'extraction, on installe à côté une voie avec garage pour le service des wagons ballast. L'excavateur attaque le terrain dont il remplit les godets et les déverse en les remontant directement dans les wagons; une locomotive les transporte au lieu de déchargement.

Dans les travaux que nous décrivons, l'excavateur ressemble à ceux construits par M. Couvreux pour l'isthme de Panama, cet excavateur n'a pas rendu autant de service qu'on était en droit d'attendre. Vu son peu de puissance, il n'a servi seulement que comme auxiliaire pour creuser les tranchées profondes non complètement asséchées. Quant aux grands travaux de déblais et terrassements on les exécutait à bras d'homme.

Pour le transport des déblais on emploie des chalands en tôle, les uns à vapeur, d'autres remorqués par des bateaux à vapeur et enfin une grande quantité de chalands en bois.

Nous représentons planche 51, figures 1 à 5 les différentes vues d'un chaland à vapeur en tôle à fond ouvrant d'une capacité de 200$^{m^3}$ dont

les dimensions sont : longueur, 39 mètres ; largeur, 8m,25 ; profondeur, 3m,35.

Nous avons dit qu'en avant du canal et près de l'embouchure de la Néva se trouvait le port d'importation et le bassin Goutouieff.

Nous donnons ci-dessous les dimensions du port et du bassin.

La longueur du port, depuis le bassin Goutouieff jusqu'au canal maritime, est de.	224m.70
Sa largeur, en la comptant dans la direction du canal, est de.	299m.60
Sa surface est de 67,330mq.	

La longueur du bassin Goutouieff, est de	364m.50
Sa largeur, est de..	214m.00
Sa surface est de 78,003mq.	

Longueur du bassin des Canonniers.	535m.00
Largeur.	53m.50
Surface 28,621mq.	

La surface totale des trois bassins est près de 174 hectares.

La profondeur de tous ces bassins est de 6m,725 ou 22 pieds anglais.

La largeur d'entrée dans le port du côté de la Néva, c'est-à-dire la distance entre les digues, est de 150 mètres.

Le mur de soutènement des bassins et du port (voir figure N, planche 50), a 3 mètres au-dessus de l'étiage et 6m,725 au-dessous, soit en tout 9m,725. Il est formé à la partie inférieure d'un caisson en bois de sapin de 8m,50 à la base, 5m,50 de haut rempli de galets ronds. Sur le caisson se repose un mur de 3m,20 à la base et 1m,40 en haut à parement de granit tailli sur les cinq faces. Trois lignes de voie ferrée sont établies, une pour la manœuvre de la grue roulante et deux pour les wagons à marchandises. Entre ces deux dernières lignes qui se trouvent à une distance de 27 mètres l'une de l'autre, on a construit de vastes hangars de 12m,97 de largeur dans la partie couverte avec deux quais de déchargement de 4m,26 chacun. Les travaux de ces différents bassins sont faits derrière le batardeau ; une série de locomobiles opère l'assèchement au moyen de pompes Neut et Dumont. Le transport des déblais s'opère sur voie ferrée avec des trains de ballast tirés par des

locomotives. Le terrassement s'exécute à bras d'homme. Nous n'avons rien de particulier à signaler dans l'ensemble de ces travaux. Les remblais pour protéger les bassins contre l'envahissement des eaux du golfe et contre les crues exceptionnelles ont des dimensions suffisantes pour les mettre à l'abri de tous les accidents. Une partie des remblais sert à garnir la cloison étanche entre les deux rangs de palplanches; l'autre partie est destinée à monter les digues et pour surélever les quais de 4,28 au-dessus de l'étiage. L'excédent des déblais est conduit par des chalands aux trois endroits de déchargement dans le golfe, endroits situés dans la partie sud entre Strelna et le canal.

TERRASSEMENT DU BASSIN GOUTOUIEFF.

D'après le projet. Le cube total du terrassement est de 1.319.255^{mc} dont :

Cube au-dessus de l'étiage. . . . . 83.506^{mc}
Cube au-dessous. 1.235.749

La distance moyenne du transport des terres pour la surélévation des quais et des digues est calculée comme suit :

a déblais au-dessus de l'eau. . . . . 214^{m}
b id. au-dessous de l'eau à une profondeur de 3^{m},21. . 235
c déblais au-dessous de l'eau de 3^{m},21 à 6^{m},725. 257

La distance de la décharge des terres dans le golfe ne dépassera pas 10 kilomètres.

La longueur des caissons en bois pour la fondation des quais est de 1755 mètres.

Le contrat imposé aux deux entrepreneurs pour la construction du bassin est composé de 70 articles. Nous en extrayons les prix et les quantités à exécuter après avoir converti les mesures russes en mesures françaises métriques et les roubles en francs. En comptant le sagène 2^{m},14 et le rouble 2 fr. 60.

Les ingénieurs et entrepreneurs qui s'intéressent aux travaux de terrassement pourront comparer ces prix avec ceux payés en France.

Prix des travaux du bassin de Goutouieff.

DÉSIGNATION.	QUANTITÉ	PRIX de l'unité.	SOMME partielle.	SOMME totale.
		fr. c.		fr.
Batardeau sur deux rangs de palplanches rempli de terre pilonnée... *mètre courant*	438	219,60	96.185	
Démolition du batardeau et rangement des matériaux..........................	310	46,70	14.477	110.662
Terrassement.				
A. Déblais au-dessus de l'étiage et transport à une distance moyenne de 214 mètres, devant servir à la construction des digues et pour soulever les quais de 4m,28 *mètre cube*.	83510	1,11	92.696	
B. Déblais à bras d'hommes au-dessous de l'étiage derrière le batardeau avec épuisement ou par des machines sans épuisement :				
a. Déblais jusqu'à la profondeur de 3m,21 au-dessous de l'étiage et transport à une distance moyenne de 235 mètres.......	535180	1,91	1.022.194	
b. Déblais depuis 3m,21 jusqu'à 6m,114 au-dessous de l'étiage et transport des déblais à une distance moyenne de 255 mètres............................	615152	2,17	1.334.879	
C. Déblais jusqu'à 6m,114 au-dessous de l'étiage, transport et décharge dans le golfe à une distance moyenne de 8,500 mètres............................	84504	1,91	161.403	
D. Plus-value pour divers déblais pour travaux du port comme cuvettes de batardeaux et autres.....................	432020	0,108	46.658	2.657.830
Démolition des anciens quais dans le canal depuis l'Ile de pétrole jusqu'à celle de Goutouieff.				
A. Démolition des caissons.........*m. c.*	278	3,25	903	
B. Démolition des pilotis...............	353	17,14	6.050	
C. Démolitions diverses................	»	»	6.760	13.713
A reporter......	»	»	»	2.782.205

Prix des travaux du bassin Goutouieff (*Suite*).

DÉSIGNATION.	QUANTITÉ	PRIX de l'unité.	SOMME partielle.	SOMME totale.
		fr. c.	fr.	fr.
Report...				2.782.205
Constructions des quais.				
Construction des quais en pierre avec percement en granit sur caissons en bois avec fondation de 6m,114 au-dessus de l'étiage, travaux derrière le batardeau et épuisement par des machines..... *m. c.*	1755	1055,00	1.851.525	
Travaux pour accostage et amarrage des navires........................	»	»	20.000	1.871.525
Consolidation de la tête de la digue et du côté de la rivière.				
A. Caisson provisoire en bois de 2m,14 de hauteur surmontant le caisson noyé. *m. c.*	428	46,90	20.073	
B. Démolition dudit après l'achèvement des travaux........................	428	3,70	1.584	
C. Construction et fonçage des caissons de 6m,42 de large sur 7m,49 de haut pour la consolidation de la tête de la jetée. *m.c.*	257	558,30	143.483	
D. Construction d'un caisson provisoire en bois au-dessous de l'eau de 2m,14 de hauteur et 6m,42 de largeur	257	48,60	12.490	
E. Sa démolition après l'achèvement des travaux........................	257	3,94	1.012	
F. Pavage du talus de la digue en double épaisseur de pavé, comptant par mètre courant de digue 5 mètres q. de pavage........................ *m q.*	8473	3,98	33.722	
G. Palissage de 0m,428 de hauteur pour protéger les talus comptant par mètre courant de digue 12 mètres q........ *m. q.*	10502	1,09	11.447	
H. Façon de pavage double avec des galets roulés contenus dans des caissons provisoires en bois en comptant par mètre courant de talus 14m,656................ *m. q.*	5423	1,03	5.585	229.396
Construction d'une muraille provisoire.				
a. Construction d'une rangée étanche avec double ancre....................	128	169,70	21.721	
b. Pavage du talus sur une couche de cailloux cassés de 0m,17 d'épaisseur... *m. q.*	1455	3,93	5.718	27.439
Pavage de la plate-forme de la digue sur 6m,42 de large....................	18187	2,11	38.374	38.374
Gazonage des parties extérieures des talus non pavés.................. *m. q.*	19400	0,53	10.282	10.282
Voie ferrée pour la translation des grues, y compris le balast, la pose de travers et l'entretien de la voie jusqu'à la réception des travaux....................	22000	1,57	34.540	
Plancher en bois recouvrant la voie ferrée. *m.q.*	1926	15,90	30.623	65.163
Fondation d'une grue fixe de 40 tonnes avec puits en granit	»	»	26.000	26.000
				5.050.384

Prix des matériaux et de la main-d'œuvre.

Bloc en granit rouge à grain fin à cinq parements dressés et prêt à mettre en place	le m.³.	337f 00
Galets roulés de grosseur moyenne :		
a. Apportés pendant l'été en barque à pied d'œuvre	m.³.	7,45
b. Apportés pendant l'hiver en traîneaux	m.³.	9,50
Granit concassé	m.³.	10,50
Briques rouges de très bonne qualité	le mille	62,40

BOIS

La pièce de bois de pin, longueur 8m,56, diamètre 0,31	17,68
— id. — id. — 8m,56 — 0,27	11,44
— id. — id. — 8m,56 — 0,22	7,02
Soit en moyenne le mètre cube	25,00
La pièce de bois de sapin, longueur 8m,56 diamètre 0,27	6,24
— id. — id. — 8m,56 — 0,22	3,77
Soit en moyenne le mètre cube	10,65
Planche en sapin, longueur 6m,42, largeur 0m,075, cube 0m,108	4,55
Planche en pin — id. — — —	3,90

MAIN-D'ŒUVRE

		Roubles. Copecks.		
Charpentier	par jour	1,20	à 2 fr. 60 =	3,12
Tailleur de pierres	—	1,10	—	2,86
Calfat, terrassier	—	1,00	—	2,60
Paveur	—	0,95	—	2,47
Manœuvre	—	0,70	—	1,82
Manœuvre avec un cheval	—	3,00	—	7,80

DIVERS TRAVAUX

Béton en cailloux de granit et mortier composé d'une partie de ciment de Portland et trois parties de sable	m.³.	36,90
Maçonnerie en granit avec joint en mortier hydraulique et attache en fer. Chaque bloc ayant, 0m³,5	m.³.	20,00

Il y a une armée de 3,500 hommes pour exécuter ces travaux.

Les ouvriers russes sont très sociables et doux ; ils vivent en commun et nomment tous les mois un gérant dit l'*Ancien* (starosta) qui,

sous le contrôle d'une commission, administre les deniers de la communauté.

Les deux entrepreneurs ont dû construire des baraquements pour loger les travailleurs. L'intérieur, fort simple du reste, ne contient que des lits de camps, une chambre séparée où les ouvriers prennent leurs repas en commun et un four de boulanger pour cuire le pain et les aliments.

La nourriture de chaque homme par mois y compris le blanchissage revient à 5 roubles en moyenne soit 13 francs et par jour pour deux repas 0 fr. 43. Le pain noir est le fond de leur nourriture et la boisson est le *kwass* sorte de petite bière acide.

Au printemps de l'année 1881 tous les batardeaux furent achevés et les appareils d'épuisement installés. Le 15/27 juin on a commencé l'extraction sur le sol asséché.

MATÉRIEL

Le matériel d'extraction se compose de :

a — 3 dragues de Rait Lindsay et Cie de Glascow (Écosse), de 200 chevaux de force, produisant 180 mètres cubes à l'heure, munis de la mud-pump d'Amsterdam, représentées par les figures 10, 11, 12 et 13, planche 51.

b — 2 dragues Barrow, de Furness, construites en 1876, de 225 chevaux, faisant 230 mètres cubes à l'heure, également munies de mud-pumps.

c — 1 drague Newcastle avec mécanisme Barrow, produisant 300 mètres cubes de remblais à l'heure.

d — 1 drague Mitchell, de 90 chevaux produisant 80 mètres cubes à l'heure.

e — 2 dragues construites à Saint-Pétersbourg produisant 60 mètres cubes à l'heure.

Remarque. — Les dragues travaillant en mud-pump produisent seulement 80 mètres et par chaland 250 mètres par heure.

f — 1 drague achetée en Suède, construite en Belgique pouvant extraire 100 mètres cubes à l'heure.

Soit un total de 10 dragues capables d'extraire par 10 heures de travail 16.000 mètres cubes.

Pour le transport des terres extraites on a :

1° 5 chalands à vapeur en tôle à fond ouvrant de 186 mètres cubes représentés par les figures 1, 2, 3, 4 et 5, planche 51, prix . . . . 125.000 fr.

14 chalands en tôle à fond ouvrant d'une capacité de 56 à 65 mètres cubes, prix . . . . 21.000 fr.

10 chalands en bois à fond ouvrant d'une capacité de 112 mètres cubes, prix. . . . . 10.500 fr.

57 barques et chalands à fond non ouvrant d'une capacité de 42 à 46 mètres cubes, prix. . . . . 8.000 fr.

Soit en tout 86 barques et chalands pouvant transporter environ 13.028 mètres cubes.

2° 12 remorqueurs construits en Finlande et en Suède représentant une force totale de 600 chevaux au prix total de 500.000 francs.

3° 1 pyroscaphe et 2 canots à vapeur pour l'inspection des travaux.

4° 2 excavateurs flottants pour la décharge des terres sur les digues.

5° 1 excavateur Gabert.

6° 7 locomobiles de 25 chevaux avec pompe centrifuge de Neut et Dumont pour épuisement.

Les entrepreneurs ont loué en outre 3 locomotives et 230 wagons plate-forme pour le transport des déblais dans les terres asséchées et garanties avec batardeaux.

7° 3 extracteurs américains de Morris Cummings Dredging et Cie, pouvant extraire 35 mètres cubes par heure et coutant chacun 105.000 francs avec 6 chalands en bois cubant 186 mètres et coûtant 31.000 francs, 2 remorqueurs, 1 canot à vapeur pour le contrôle des travaux.

Les ateliers d'entretien et de réparation situés à proximité des travaux consistent en forge, fonderie, serrurerie et une grue pour soulever et réparer les chalands en bois.

Le travail total du canal conforme aux projets consistait en :

1° Déblai total provenant du canal. . . . . 6.664.164 mc

2° Cube des terres pour les digues. 2.530.000

3° Différence entre le cube extrait barre d'opération et le cube utilisé pour l'érection des digues 4.134.164

4° Longueur totale des caissons sous l'étiage pour la protection des digues. . . . . 17.000 m³

5° Pavage de différentes sortes pour la consolidation et substruction des digues 180.000m

Au 1er janvier 1882 on a exécuté sur la totalité des travaux :

1° déblais . . . . 66 pour 100 de la totalité.

2° remblais des digues. . . . . 72 pour 100 —

3° travaux sous l'eau devant consolider les digues.. . . . . 98 pour 100 —

4° consolidation de la superstruction des digues. . . . . 21 pour 100 —

Nous donnons ci-dessous un tableau montrant la composition d'une partie du matériel et son rendement.

Renseignements sur les dragues à godets et les dragues à tuyaux.

DÉSIGNATION	N° 1	2, 3, 4 MUD-	5, 6 PUMP	7, 8	10	ACCESSOIRES
I. Prix de chaque drague en francs....	234.000	325.000	351.000	130.000	195.000	»
Force nominale en chevaux........	40	60	80	30	40	»
Force effective..................	90	200	225	75	75	»
Avec ou sans détente.............	sans	avec	avec	sans	sans	»
Avec ou sans condensation.........	avec	avec	avec	sans	sans	»
Capacité des godets en mètres cubes.	0,189	0,324	0,378	0,162	0,189	»
Nombre des godets par drague......	64	29	30	32	31	»
Nombre de godets se vidant par minute....................	8	6	7	9	9	»
II. A quelle profondeur la drague travaille....................	6m,60	7,20	7,50	5,40	7,20	»
Volume moyen extrait par heure m³.	26,30	31,91	36,15	24,62	27,58	»
Nature du fond.................	glaise, sable compact fin.	sable fin.	sable fin.	glaise	glaise	»
Distance moyenne du transport des déblais......................	2,600	128	128	4,200	4,200	»
Nombre de chevaux nominatifs de remorqueurs.................	»	»	»	»	»	133
Nombre de chevaux effectifs de remorqueurs..................	»	»	»	»	»	315
Prix de tous les remorqueurs.......	»	»	»	»	»	351.000
Nombre des chalands en bois......	»	»	»	»	»	25
Nombre des chalands en tôle.......	»	»	»	»	»	14
Prix total de chalands............	»	»	»	»	»	800.000
A quelle longueur la plus avantageuse projettent la boue liquide, les dragues à tuyaux (Mud-pump)?......	»	428	535	»	»	»
A quelle hauteur?......... mètres.	»	3	3	»	»	»

EXPLOITATION

Les deux entrepreneurs chargés de tous les travaux sont, comme il est dit ailleurs, MM. Boreischa et Serge Maximovitsch. Leur contrat les forçait à extraire environ 6 millions de mètres cubes, de 1877 en octobre 1883 moyennant le prix de 7 roubles 25 kopecks la sagène cubique (sur lesquelles on a accordé 3 roubles comme avances pour l'achat du matériel) et en prenant le rouble au cours du jour, soit à 2 fr. 60, le mètre cube est payé 2 fr. 60. Dans ce chiffre est comprise la construction des digues, mais non les caissons, pavages et galets. Les entrepreneurs peuvent disposer de l'excédent des déblais et les décharger dans le golfe aux endroits indiqués.

Le total de l'entreprise, y compris le bassin de Goutouëff sera environ de 31 millions de francs. Le payement se faisant au fur et à mesure des travaux, à la fin de l'entreprise le gouvernement prendra sans rétribution 1/4 du matériel existant.

ADMINISTRATION DU CANAL

Tous les travaux du port de Goutouieff et du canal maritime sont concédés aux deux entrepreneurs. La commission ne s'immisce en rien dans leur administration ; elle veille à ce que les travaux soient exécutés solidement, régulièrement, en tout conformes aux projets et au cahier des charges. La commission, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, ordonnance le payement, faisant une retenue de 10 pour 100 jusqu'à la réception définitive des travaux qui a lieu le 15 juillet de chaque année ; à cette époque on rend aux entrepreneurs la moitié de la retenue soit 5 pour 100 du montant des travaux. De cette somme 3 pour 100 sont rendus à la fin de l'entreprise et 2 pour 100 sont conservés à titre de garantie.

Pour les travaux non prévus par le cahier des charges, si les parties ne tombent pas d'accord sur quelques points, le gouvernement peut les faire exécuter lui-même ou les concéder à d'autres. Les délais de l'exécution des travaux se règlent le 15 juillet de chaque année et dans le cas où les entrepreneurs n'ont pas achevé les travaux prévus,

le gouvernement retient 10 pour 100 de la valeur des travaux en retard, comme pénalité. Jusqu'ici il n'y pas eu lieu d'appliquer cette retenue.

Le gouvernement a institué pour surveiller les travaux une commission temporaire sous la présidence de l'ingénieur M. Saloff, les autres membres sont choisis dans les différentes branches de l'administration.

MM. Foufaevsky, Barmînsky, Fersmann du ministère des voies et communications.

M. Zvereff, du ministère de la Guerre.

M. Carostovetz, du ministère de l'Intérieur.

M. Turine, du ministère des Finances.

MM. Stremoirhoff et Clark représentants du commerce.

Parmi les membres de la Commission celui qui jouit de la plus grande et légitime influence est, sans contredit, le général du génie Zvereff. Il a, en effet, une grande expérience de la profession d'ingénieur; il a construit dans la rade de Cronstadt des forts avancés, commandant la passe et le chenal pour des sommes considérables. Il a conduit ces travaux avec une rare intelligence et un désintéressement digne d'éloges.

La réception des travaux et la surveillance du cahier des charges s'exécute par les soins de M. l'ingénieur Foufaevsky qui a sous sa direction un personnel nombreux d'ingénieurs.

Les procès-verbaux de réception sont, ainsi que toutes les questions touchant le canal et le port, soumis à la décision de la commission et présentés par M. Saloff à la signature du ministre des voies et communications. On évite, par ce procédé, les lenteurs administratives en donnant aux membres de la commission et en particulier à leur président une grande indépendance, et en stimulant son initiative. Nous avons eu l'occasion d'apprécier le coup d'œil et la promptitude du jugement de M. Saloff. C'était après la tempête du 24 août 1879, dont nous avons parlé, les digues en terre dépassant le niveau d'eau, non suffisamment consolidées par les fascines ont éprouvé des avaries considérables. M. Saloff, arrivé le matin sur les travaux, voit l'étendue du danger qui demande à être instanément conjuré. Il n'est plus question ici de convoquer la commission ou de présenter des projets au ministère, il faut agir de suite sous peine de voir l'œuvre entière détruite et des sommes considérables englouties. Il donne des ordres

pour faire battre au pied des digues des palplanches protégées par des enrochements. On s'est mis à l'œuvre le jour même et 8 sonnettes étaient installées. L'ordre officiel n'est venu confirmer des instructions orales que huit jours après.

Dans les conditions ordinaires de la bureaucratie on aurait attendu des mois avant d'avoir la décision, et les digues auraient eu le temps de disparaître complètement. C'est aussi grâce à M. Saloff et à son énergie que le système de fascines a été abandonné et que les digues ont été plus solidement construites, ce qui a, il est vrai, augmenté la dépense de plus de 5 millions de francs. Primitivement les digues devaient être en terre, de 14 pieds de haut, à talus peu incliné sans aucune consolidation. Elles n'auraient certainement pas résisté longtemps à l'action des vagues.

Les membres de la commission, hormis le président, n'ont pas de traitement fixe ; ils touchent des jetons de présence. Les travaux d'étude se sont élevés à environ 1,300,000 francs.

Ce système de commission temporaire pour la surveillance de travaux du gouvernement a tellement plu aux ministres qu'on va l'essayer dans la construction des chemins de fer, et entre autres celui de Crivoraschsky de la Russie méridionale. On a voulu aller plus loin et faire exploiter les chemins de fer de Saratoff, Harkow, Nicolas. L'avenir montrera si ce système peut s'appliquer à l'industrie des chemins de fer.

Les entrepreneurs ont une administration indépendante dépensant 500.000 francs par an. Les capitaines des dragues sont presque tous anglais ou suédois venant des chantiers du canal d'Amsterdam. Tout le personnel, en dehors des appointements fixes, a tant pour cent sur les travaux. On n'a qu'à se louer de cette organisation.

Il serait intéressant de connaître le prix détaillé des travaux auxquels ont été concédés les travaux du canal maritime.

Le tableau ci-après donne ces prix.

CANAL MARITIME

PRIX DES TRAVAUX

Le rouble = 2 fr. 60
Le sagène = $2^m,14$

DÉSIGNATION.	QUANTITÉ.	PRIX de l'unité.	PRIX total.
Machines d'extraction dont les prix sont fixés en rapport au cube extrait à une profondeur de $4^m,890$ au-dessous de l'étiage avec une décharge moyenne de 100 heures dans l'espace de 10 jours.......................m^3.	10.638	fr. c. 554,30	fr. 5.896.643
Travaux de terrassement.			
a. Excavation faite par les machines à $4^m,890$ sous l'étiage, transport et décharge des déblais dans des endroits dont la profondeur ne dépasse pas $1^m,52$ sous l'étiage.............	15.760	1,58	24.901
b. Déblais sous l'eau de tout fond faits avec des appareils à vapeur. Les terres sont montées sur la digue et sont transportées par chalands, pas au delà de 6,000 mètres..................	»	»	»
1° A une profondeur de $4^m,890$ sous l'étiage.			
a'. Avec décharge sur la digue ou dans des endroits dont la profondeur ne dépasse pas $1^m,52$ sous l'étiage....................	1.454.498	1,128	1.640.674
b'. Avec décharge sur la digue de $1^m,52$ sous l'étiage à 0,535 au-dessus...........m^3.	903.640	1,26	1.133.586
c'. Avec décharge sur la digue sur une hauteur de 0,535 à $4^m,28$ au-dessus de l'étiage avec formation du profil suivant le projet.... m^3.	755.790	1,38	1.042.990
2° Excavation à une profondeur de $4^m,890$ à $6^m,114$ sous l'étiage.			
a''. Avec décharge dans des eaux dont la profondeur ne dépasse pas $1^m.52$ sous l'étiage. m^3.	2.515.788	1,19	2.993.788
b''. Avec décharge ou remblais de $1^m,52$ sous l'étiage à 0,535 au-dessus...........m^3.	327.808	1,32	432.707
c''. Avec déblais sur la digue depuis $0^m,535$ au-dessus de l'étiage avec formation du profil du canal suivant projet..................	247.630	1,45	359.063
d''. Plus-value pour augmentation de la profondeur du canal de $0^m,15$ non prévue dans le 1er projet.......... .... m^3.	443.250	1,18	523.035

Les prix ci-dessus ont été modifiés et on a cédé les travaux aux conditions suivantes :

On a remis à l'ancienne Compagnie Poutiloff, Edwin-Clark et William Ponchard, à titre d'avance, sur 1 mètre cube de déblais, la somme de. . . . . 0 fr. 78

Terrassement jusqu'à $4^m,80$ sous l'étiage le mètre cube. . 1 fr. 10

De $4^m,80$ à $6^m,60$ . . . . 1 fr. 17

Les entrepreneurs sont tenus de faire les remblais des digues jusqu'à $1^m,50$ au-dessous de l'étiage sans rétribution.

De $1^m,50$ au-dessous de l'eau jusqu'à $0^m,60$ au-dessus, le mètre cube . . . . 0 fr. 13

De $0^m,60$ au-dessus de l'eau jusqu'à $4^m,20$ au-dessus, le mètre cube. . . . . 0 fr. 26

Caissons en bois.

Construction et fonçage des caissons en bois de sapins remplis de galets. Les caissons se composent de rondins non équarris de $0^m,27$ de diamètre assemblés à leurs extrémités, consolidés par des boulons.

Leur prix est variable suivant les hauteurs.

HAUTEUR.	Nombre de rangs DES RONDINS.	NOMBRE de mètres cubes.	QUANTITÉ.	PRIX de l'unité.	PRIX total.
m.				fr. c.	fr.
1.88	8	438	»	67 60	29.609
2.12	9	438	»	75 70	33.157
2.35	10	417	»	84 20	35.111
2.59	11	332	»	91 40	30.345
2.82	12	621	»	103 90	64 522
3.06	13	3.071	»	112 60	345.795
3.30	14	4.028	»	121 05	486.984
3.53	15	7.362	»	130 40	960.005
3.76	16	770	»	138 90	106.953
	Total.....	17.472			
Maçonnerie.					
Prismes en galets roulés provenant de la Finlande, destinés à remplir les caissons en bois soit à la partie supérieure, soit à partir du fond jusqu'à 0m,60 au-dessus de l'étiage. m³.			48.265	6,73	324.823
Pavage.					
Le pavage de la plate-forme de la digue sera exécuté en galets roulés de grosseur moyenne après égalisation de la forme sur une couche de sable de 0m,15.................. mq.			34.810	2,35	81.803
Le pavage du talus sera exécuté en gros galets sur une couche de cailloux concassés de 0m,17.......................... mq.			144.729	3,85	557.207
Signaux maritimes.					
Bouées en tôle..........................			4		
— en bois..........................			24	»	15.600
Piquets flottant sur ancre.................			128		
Consolidation des talus au-dessus de l'eau.....			6.420	29 30	188.106
Total........			»	»	17.312.407

Une partie des travaux de dragage a été cédée par les deux entrepreneurs à une compagnie américaine Morris, Commings, Dredging et Cie, qui avait comme matériel trois extracteurs et des chalands de service. Cette compagnie a été chargée de faire la section depuis Cronstadt jusqu'au kilomètre 16, à condition de produire 840,000 mètres cubes par an avec les trois machines, au prix de 4 roubles par sagène cubique, soit 1 fr. 12 par mètre cube. Elle n'a pu tenir ses engagements et n'a produit par an que la dixième partie, soit 84,000 mètres cubes avec les trois machines. En comptant 125 jours de tra-

vail, chaque machine a produit seulement 224 mètres cubes par jour. Ces machines, d'un beau rendement dans les terrains mous, et d'une attaque facile, ont rencontré à la surface du sous-sol une croûte mince mais très dure, de sable, et la cuiller de la drague a dû donner jusqu'à 70 ou 80 coups avant d'arriver à la glaise.

L'excavateur, suivant la nature du terrain, peut travailler avec de grandes cuillers de trois mètres cubes ou de petites de deux mètres cubes de capacité.

Les sous-traitants américains ne pouvant pas satisfaire à leur contrat se sont mis complètement à la discrétion de MM. Boreischa et Maximovitsch qui auraient été en droit de saisir leur cautionnement et tout leur outillage. Il n'en a rien été. Les entrepreneurs n'ont ni usé ni abusé de leur droit et ont laissé les Américains extraire ce que leur outillage était capable de faire.

Réception des travaux.

Les sondages ont établi une fois pour toutes le profil du fond du golfe. Le payement des travaux s'opère sur le profil théorique sans tenir compte des irrégularités des excavations ou remblais. Les mesures sont prises en hiver sur la glace : on relève les profils de 10 mètres en 10 mètres et les profils en travers, de 5 mètres en 5 mètres. On arrive à pratiquer pendant l'hiver, dans la glace, le chiffre respectable de 50,000 trous de sondages.

Pour se rendre compte de la hauteur de l'étiage au moment des sondages, on poste à l'échelle de Cronstadt un observateur qui note toutes les demi-heures les hauteurs à partir de zéro et les ingénieurs préposés aux sondages sur les travaux inscrivent l'heure à chaque cote. Le lendemain on rectifie suivant les indications de l'observateur de Cronstadt les hauteurs accusés par le sondage.

Pour établir une base de comparaison entre les prix indiqués dans le tableau ci-dessus et payés en Russie avec ceux des travaux analogues exécutés dans d'autres pays, nous donnons les prix du canal de Suez.

Prix des travaux du Canal de Suez.

Les travaux du Canal de Suez entrepris par MM. Borel et Lavalley ont été payés les prix suivants :

Du côté d'Ismaïla	1re partie	1 fr. 95	le mètre cube.	Déblais ordinaires.
id.	id.	3 fr. 50	id.	La roche.
Du côté de Suez	2e partie	2 fr. 25	id.	Déblais ordinaires.
id.	id.	3 fr. 50	id.	La roche.

Du côté d'Ismaïla, 3e partie, tout fond, les derniers 3m,50 de profondeur, 3 fr. 50.

Deux lots de Port-Saïd, déblais ordinaires, 1 fr. 75.

Le cube total extrait est de 60 millions de mètres cubes pour 156 millions de francs, soit en moyenne 2 fr. 60 le mètre cube.

Exploitation du Canal.

Le canal maritime que nous venons de décrire a été exécuté aux frais et sous le contrôle de l'État. Il sera livré à la navigation en 1884 sans rétribution aucune.

L'État se chargera de l'entretien. Les navires à voiles, ainsi que les vapeurs à roues seront remorqués par des bateaux à hélice marchant à une petite vitesse pour ne pas produire de remous et dégrader les berges.

Les deux bassins, l'un pour les produits d'exportation appartenant au chemin de fer de ceinture, l'autre beaucoup plus grand, construit par l'État et situé sur l'île Goutouieff seront certainement insuffisants pour assurer le service.

Le gouvernement Russe ne voulant pas obérer les finances par la construction, d'autres bassins et docks se réserve la faculté d'en concéder l'entreprise à des sociétés particulières, sous approbation, quant à l'emplacement et à la grandeur.

La nécessité d'autres bassins étant démontrée, n'aurait-on pas mieux fait d'en exécuter les tracés et de provoquer des soumissions afin que le canal une fois ouvert et la navigation établie régulièrement, les

batiments puissent trouver l'outillage et la place nécessaires à l'embarquement et au débarquement de leur chargement? Ou bien pense-t-on qu'il y aura une époque de transition et que l'ancien état de choses, grâce à la routine, persistera assez longtemps pour laisser aux docks le temps de se créer.

Enfin ce travail considérable, prévu par Pierre le Grand, entrepris par le regretté empereur Alexandre II, sera heureusement achevé sous le règne de son fils et fera époque dans le commerce et la navigation du nord de la Russie.

Le promoteur de ce projet, M. Nicolas Poutiloff n'a pas eu le bonheur de voir son œuvre réalisée et ses projets couronnés de succès. Des lenteurs de toute sorte, des obstacles matériels et financiers, ont fait perdre foi dans l'achèvement de ce travail.

Ce printemps, un aviso de l'État, ayant un tirant d'eau de 16 pieds a pu enfin parcourir le canal dans toute sa longueur. Maintenant l'œuvre touche à sa fin, Saint-Pétersbourg deviendra port de mer.

LE MOUVEMENT COOPÉRATIF
EN ANGLETERRE

Par M. Édouard Simon.

Depuis un quart de siècle l'industrie française traverse une crise redoutable. Vous avez pu apprécier, Messieurs, la situation faite aux spécialités textiles, par le tableau sommaire qui vous a été présenté en 1881[1]. Les doutes émis alors sur l'efficacité des traités de commerce ne se sont pas dissipés ; ces instruments diplomatiques semblent plus que jamais des anachronismes économiques, à une époque où quelques années suffisent pour exécuter des travaux tels que le percement du Saint-Gothard et déterminer le déplacement des grands courants commerciaux.

Le compte rendu des négociations poursuivies par la France et rapportées par l'ancien Directeur général des Douanes[2] montre encore que tout pays désireux de signer des contrats à longue échéance, doit souscrire des concessions dangereuses pour son industrie et pour son commerce.

D'autre part, les termes de ce que notre Président a heureusement défini l'*équation de l'industrie privée*, se trouvent dans une sorte d'équilibre instable, en raison de la variabilité de l'un des éléments les plus intéressants, le taux de la main-d'œuvre.

Par le fait d'une spéculation qui, dans les grandes villes, multiplie les travaux de construction sans toujours tenir compte des besoins réels, des ressources disponibles, la demande dépasse souvent l'offre et fait hausser les salaires dans des proportions considérables, tantôt d'un commun accord entre patrons et ouvriers, plus souvent à la suite de grèves.

1. *Situation générale des industries textiles*, par Édouard Simon. — Séance du 7 octobre 1881.

2. *Journal des Économistes*, 1882. — *Négociations commerciales*, par M. Léon Amé.

L'élévation des salaires est une conséquence naturelle, fatale du mouvement auquel nous assistons, auquel nous participons plus ou moins et qui entraîne le renchérissement de toutes choses ; elle ne serait pas un sujet de très graves préoccupations, si les économies réalisées correspondaient à l'accroissement du prix de la main-d'œuvre.

A part des exceptions heureusement nombreuses, l'esprit d'épargne, cette qualité éminemment française, ne croît pas chez l'ouvrier proportionnellement à ses ressources ; la facilité du gain l'incite plutôt à une dépense exagérée et, en fin de compte, les chômages partiels le trouvent souvent désarmé contre la misère. De là des souffrances pour lui et les siens, une disposition particulière à considérer comme un ennemi l'employeur dont il dépend et l'adoption de théories socialistes absolument étroites.

Dans les villes exclusivement manufacturières, où la concurrence étrangère se fait rudement sentir, les causes de mécontentement sont différentes. Les salaires ne croissent pas toujours aussi rapidement que les charges ; là encore le terrain est bien préparé pour les illusions économiques.

La Société des Ingénieurs civils ne voudra pas laisser de côté une question qui intéresse l'avenir de la France. Nous essayerons d'ajouter quelques documents nouveaux à l'étude succincte des *sociétés coopératives anglaises*[1]. Le succès de ces Sociétés constitue, en effet, pour la Grande-Bretagne, l'un des gages les plus certains de puissance industrielle et de paix intérieure.

Le terme anglais *coopération* désigne plus spécialement ce que nous entendons par le mot *association*. Les Sociétés coopératives anglaises sont des associations fondées avec le concours de faibles souscriptions individuelles. Ce ne sont point des Sociétés exclusivement ouvrières, mais des groupements de petits capitaux, formés pour l'achat des objets de consommation, dans des conditions de qualité rarement obtenues du commerce de détail.

La différence entre le prix d'acquisition et le prix de vente, basé sur le taux du marché local, doit laisser une marge suffisante pour donner lieu, tous frais payés, à une répartition de bénéfices proportionnelle à la somme versée par l'acheteur. Ces bénéfices constituent une épargne qui, totalisée par trimestre, est portée au compte de chacun.

1. Les *Sociétés coopératives en Angleterre*, par Édouard Simon. — Séance du 6 octobre 1876.

Les Sociétés coopératives de consommation débutent le plus souvent par le commerce d'épiceries; on sait à quel luxe de falsifications donne lieu cette spécialité, à quel prix s'élèvent les denrées de première nécessité dans les centres ouvriers, où le marchand estime parfois les défauts de payement au tiers du chiffre de ses ventes. Disons, à ce propos, que les bonnes Sociétés coopératives anglaises exigent le payement comptant de tous achats.

Avec l'accroissement du capital social, produit par l'accumulation des souscriptions et des intérêts, se développe la marche des affaires. Aux articles d'épicerie s'ajoutent successivement la boucherie, les tissus, les chaussures, les confections, etc. Il n'est pas rare qu'une Société coopérative de consommation prenne une part importante dans la création de moulins à blé ou devienne même propriétaire d'une meunerie, si le nombre de ses membres lui permet de compter, pour la boulangerie, sur un débit de farines suffisant. De Société de consommation, l'association devient ainsi Société de production.

Les bénéfices augmentant encore avec l'importance des transactions, la Société bâtit ou achète des maisons qu'elle loue ou qu'elle vend.

Lorsque la concurrence permet un prix de revient rémunérateur, la Société entreprend elle-même la fabrication des chaussures, de la bonneterie, la confection des vêtements; elle devient directement, ou indirectement en souscrivant des parts d'associations similaires, filateur, tisseur, etc.

Bien des écueils sont à éviter dans une semblable organisation. Il convient de mesurer exactement l'étendue des ressources, la puissance d'absorption du marché, l'importance des compétitions locales et étrangères, la valeur des concurrents; il faut être négociant, en un mot, et négociant habile. Les Sociétés coopératives anglaises le savent et, dès le principe, ont eu pour objectif une organisation générale comparable à celle des *Trade's-Unions*.

Beaucoup de Trade-Unionistes sont, d'ailleurs, membres de Sociétés coopératives, mais pour leur compte personnel. Les coopérateurs envoient des délégués aux Congrès annuels des *Trade's-Unions*, les Unionistes se font également représenter aux Congrès des Sociétés coopératives, là se bornent les relations entre les deux grands organismes de la démocratie anglaise.

Le but poursuivi de part et d'autre est tout à fait différent. Les *Trade's-Unions* s'occupent exclusivement des rapports entre le capital

et le salaire, entre les patrons et les ouvriers. M. Marcel Barthe, rapporteur au Sénat du projet de loi relatif à la création des syndicats professionnels, a défini le rôle des *Trade's-Unions* dans les lignes suivantes :

« J'ai ici à établir la différence immense qui existe entre les *Trade's-Unions* anglaises et les syndicats professionnels révolutionnaires.

« En Angleterre, chaque *Trade-Union* choisit dans son sein des hommes intelligents, expérimentés, qui se tiennent au courant du mouvement industriel, qui savent parfaitement combien se vend un produit ; et, quand ils pensent que le bénéfice du patron excède la part qui peut raisonnablement lui revenir, ils demandent une augmentation de salaire, et s'ils ne l'obtiennent pas, ils provoquent une grève. Mais avant d'en venir à cette extrémité, ils se demandent combien coûte le produit industriel qui est l'objet de leur préoccupation. Ils calculent le prix de la main-d'œuvre, celui des matières premières, l'intérêt légitime du capital, la rémunération due au patron pour son administration et sa direction, ils font entrer en ligne de compte les *aléa* du commerce et s'ils trouvent que ces déductions faites, il reste encore aux patrons un bénéfice qui paraît excessif, ils vont les trouver et ils leur disent : Nous pensons que votre bénéfice dépasse ce qu'il est raisonnable que vous receviez ; vous devez augmenter notre salaire. Des négociations s'engagent ; elles durent quelquefois longtemps ; car les *Trade's-Unions* anglaises sont très puissamment organisées. Le plus souvent une conciliation s'opère. S'il n'y a pas de conciliation, la grève est déclarée. Mais, comme en définitive aucune pensée politique n'a présidé ni à la formation des *Trade's-Unions*, ni à la grève née d'un différend entre patrons et ouvriers, le pays n'éprouve aucune inquiétude[1]. »

On pourrait ajouter que les *Trade's-Unions* sont attentives à toutes les questions qui se débattent entre patrons et ouvriers, non seulement en Angleterre, mais dans les autres pays et viennent souvent en aide aux grévistes étrangers, surtout lorsque la continuation du chômage peut être favorable à l'industrie anglaise.

Le but de la coopération est plus vaste et consiste dans l'émancipation progressive des classes pauvres.

Le premier congrès coopératif fut tenu à Manchester, en mai 1831,

1. Séance du 12 juillet 1882.

le second en octobre, à Birmingham, le troisième, à Liverpool; le quatrième eut lieu à Londres, en avril 1832 et dura six jours. Il fut décidé de diviser le pays en districts, dans chacun desquels des comités ou *boards* auraient à choisir des conférenciers et à recueillir des fonds en vue d'une active propagande. Les cotisations étaient peu élevées, un penny ou environ dix centimes par mois; quelques souscripteurs donnèrent trois à six deniers (30 à 60 centimes) par semaine. Malheureusement les conférenciers, sortes de missionnaires, avaient parfois plus d'exaltation, de bonne volonté, voir même de talent que de sang-froid et se laissaient entraîner sur le terrain politique, aux dépens des questions pratiques. La propagande ne fut cependant pas inutile, le nombre des adhérents s'accrut rapidement dans les diverses parties de l'Angleterre et les promoteurs du mouvement comprirent la nécessité de posséder un organe de publicité pour tracer nettement et développer leur programme.

A cette époque, les mesures fiscales pesaient lourdement sur la presse anglaise : les frais de timbre limitaient les dimensions et la périodicité des journaux. Une petite feuille, le *Lancashire Cooperator*, devenue plus tard le *Lancashire et Yorkshire Cooperator*, parut dès 1831 et se dévoua exclusivement à la défense du principe d'association. Les idées soutenues par le fondateur du journal, M. Craig, se retrouvent dans les nombreuses publications parues depuis lors sous les auspices de diverses Sociétés coopératives ; elles ont été résumées, en dernier lieu, dans la préface d'un volume écrit spécialement à la demande des membres du congrès tenu à Glowcester, en 1879, et publié par MM. Thomas Hugues et E.-V. Neale sous le titre de *Manuel du Coopérateur*[1]. Nous avons puisé dans cet intéressant ouvrage de nombreux renseignements.

Le coopérateur anglais, comme les autres socialistes, se propose de transformer les bases du système actuel de production et d'échange; des deux côtés, l'instrument est le même, l'*association*. Mais le coopérateur anglais ne demande aucune aide à l'État, il serait jaloux de toute tentative d'intervention. L'État, détenteur du sol, arbitre souverain, répartiteur entre tous des richesses acquises est, pour lui, une conception humiliante qu'il abandonne aux *socialistes du continent*, confondus volontiers par lui avec les *nihilistes*. Le coopérateur anglais

1. *A Manual for Cooperator*, par Hughes, Q. C. et Neale, General Secretary of the operative Union.

n'envie pas la propriété d'autrui, il réclame le droit d'acquérir par lui-même, en substituant l'union à la lutte des intérêts, il veut l'alliance des consommateurs et des producteurs pour éviter les intermédiaires onéreux. Sa devise est *Self help by the people*, qui peut se traduire: Émancipation du peuple par lui-même.

Les principaux obstacles au succès des associations ouvrières sont habituellement le manque de confiance mutuelle, l'inexpérience des affaires, parfois les interventions étrangères sous forme d'assistance pécuniaire. Le dernier écueil est facile à éviter; la confiance et l'expérience s'acquièrent avec le temps, lorsque les associés sont fermement dévoués à l'œuvre qu'ils entreprennent.

La Société fondée par les *Equitable Pioneers* de Rochdale constitue la meilleure démonstration de la praticabilité du système coopératif.

Vers la fin de l'année 1843, quelques tisseurs de flanelle, sans ouvrage et presque sans pain, se réunirent pour aviser aux moyens d'améliorer leur condition. La bienfaisance à laquelle ils auraient pu recourir, n'était qu'une solution temporaire, l'émigration leur semblait la peine de la transportation édictée pour crime de pauvreté[1]. Ils résolurent de livrer la bataille de la vie pour leur propre compte, de devenir, à leur tour, marchands, manufacturiers, capitalistes! Douze tisseurs souscrivirent à raison de deux pence (environ 20 centimes) par semaine. Après *cinquante-deux appels de fonds*, les associés n'avaient pas de quoi acheter un sac de farine. Malgré tout, ayant décidé que les transactions se traiteraient argent comptant, le crédit étant considéré par eux comme un mal social, les souscripteurs firent enregistrer leur association au mois d'octobre 1844, sous le titre de *Rochdale Society of Equitable Pioneers*.

Les parts sociales étaient d'une livre chaque (25 francs). La souscription hebdomadaire fut portée à trois pence et l'on réunit, au mois de décembre de la même année, le capital de £. 28 versé par 28 souscripteurs. Ce fut avec cette somme d'environ 700 francs que débuta la Société de Rochdale.

En dépit des difficultés occasionnées par l'insuffisance du capital et des habitudes du consommateur, qui souvent préférait acheter à crédit dans son voisinage, que de faire un peu plus de chemin pour payer

1. *The History of Cooperation in Rochdale*, par G. Jacob Holyoake.

comptant, le nombre des sociétaires dépassait quatre-vingts, vers la fin de 1845, le capital social s'élevait à £. 181.12 sh. 3 d. (environ 4,540 francs). Un premier partage de bénéfices entre les clients de la Société, proportionnellement au chiffre individuel d'achats, fit saisir mieux que de longs raisonnements les avantages de la coopération au point de vue de l'épargne.

Les Pioniers de Rochdale n'avaient pas seulement contre eux la routine du consommateur; l'association coopérative était considérée, à cette époque, par les hommes d'État comme une coalition politique. Le but des coopérateurs semblait à l'aristocratie une sorte de spoliation. Dénoncé au sein du Parlement, combattu par certains économistes, par le clergé, le principe n'en fit pas moins des progrès; les résultats convainquirent les adversaires les plus ardents de cette réforme pacifique.

Les manufacturiers, qui occupaient des coopérateurs, furent un moment troublés par des rapports leur présentant les membres de la Société nouvelle comme avides d'une indépendance dangereuse pour l'industrie. Les faits constituèrent la meilleure réponse aux calomnies. Bien plus, les patrons constatèrent un surcroît de ponctualité, de régularité chez ces ouvriers qui, la tâche quotidienne dûment remplie, étudiaient et trouvaient le moyen de faire fructifier leurs salaires et d'accroître leur épargne.

Grâce au bon sens des coopérateurs de Rochdale et des marchands de la même ville, il ne se manifesta pas dans cette localité comme sur certains autres points du royaume, de lutte ardente entre les anciens fournisseurs et la Société des Pioniers. Lorsque les principaux marchands de Rochdale élevaient le taux de leurs denrées, les coopérateurs suivaient la même progression. Lorsque, pour séduire le consommateur, les fournisseurs abaissaient les prix au-dessous d'un taux rémunérateur, les Pioniers maintenaient leur tarif. La règle de l'association demeura, en toutes circonstances, de vendre des marchandises de bonne qualité à un prix susceptible d'assurer le bénéfice équitable du vendeur et toujours au comptant.

Notre but n'étant pas d'écrire l'histoire détaillée des Pioniers de Rochdale, nous montrerons seulement par quelques faits empruntés à cette histoire, la puissance de l'association coopérative.

En 1846, fut inaugurée la boucherie. En 1847, le commerce de la draperie fut annexé au magasin d'épiceries; la draperie ne constitua

un département distinct qu'à dater de 1854. L'année 1852 vit s'ouvrir successivement les rayons de la cordonnerie et des vêtements confectionnés.

En 1856, les Pioniers fondaient une première succursale, à un mille environ de leur principal établissement, puis trois autres en 1857.

En treize années, de 1844 à 1857, le nombre des membres s'était élevé de 28 à 1,850, le capital de £. 28 à 15,142, le total des ventes annuelles, de £. 710 à 79,788 et la somme des profits (également par année) de £. 32 à £. 5,470, en chiffres ronds, 136,750 francs.

Ici se place un incident qui montre la ténacité de la race anglo-saxonne, son respect de la légalité et, par contre, l'esprit pratique du gouvernement anglais peu enclin à modifier la législation existante, sauf à n'en pas exiger l'application rigoureuse, dans des cas spéciaux.

La question de l'*income-tax* préoccupait depuis longtemps les coopérateurs. La Société de Rochdale payait régulièrement cet impôt, mais comme le revenu de chacun de ses membres était bien inférieur à la somme reconnue nécessaire pour le droit à la perception de l'*income-tax*, une campagne de protestation fut inaugurée dans les journaux dès 1850. Les commissaires locaux soutinrent le bien fondé de leurs recouvrements, déclarant, au surplus, que chaque membre pouvait réclamer individuellement son exemption. La chose était peu praticable de la part de milliers de personnes. Une année, les sociétaires vinrent en corps au bureau des Appels, les commissaires refusèrent de les admettre et demandèrent la désignation d'un délégué. Les coopérateurs furent condamnés à payer. Des membres du Parlement consultés sur le même sujet, déclarèrent que les sociétaires étaient passibles de l'*income-tax;* des hommes de loi émirent l'opinion contraire.

Cependant, avec le nombre la confiance s'accrut et, en 1856, il fut résolu de résister à ce qui était considéré comme une exaction, fallût-il soutenir un procès. Deux délégués, MM. Smithies et Ellis, nommés en assemblée extraordinaire, firent appel contre l'*income-tax* et présentèrent eux-mêmes la défense, faisant remarquer qu'aux termes de l'*Act sur les Sociétés industrielles et de prévoyance*, un coopérateur ne pouvait recevoir de répartition annuelle supérieure à £. 30 (750 francs).

La cause fut ajournée. A la date indiquée, les délégués apprirent

que le nombre des affaires inscrites obligeait à les remettre au jour suivant. Le jour suivant, ils furent informés que les commissaires ayant dû en référer à Londres, un avis ultérieur leur serait adressé. MM. Smithies et Ellis ne furent jamais convoqués.

Mais le collecteur de l'*income-tax* ne renonçait pas à sa demande accoutumée et insistait pour être payé, assurant que si le versement était illégal, la Société serait remboursée. Les Pioniers de Rochdale ne goûtèrent pas la proposition; ils pensèrent que la cause demeurant en suspens, le collecteur ne devait pas user de sa situation pour les intimider. Le conseil d'administration de la Société résolut donc de ne point payer l'*income-tax*. Le collecteur réitéra son appel, on lui répondit par la délibération du Conseil. Le collecteur menaça de saisir les marchandises en magasin, le Conseil décida de laisser faire. Jusqu'à ce jour, le collecteur n'a rien fait et les commissaires n'ont plus donné signe de vie.

Ainsi, d'une part, agitation pacifique, légale, pendant sept années, de l'autre, résistance prudente et abandon en fait, non en droit, d'une taxe condamnée par l'opinion publique.

Il n'est point de médaille sans revers et les entreprises des Pioniers de Rochdale ne réussirent pas toutes sans de lourds sacrifices. Les commencements de la Société des moulins à blé, fondée en 1850, au capital de £. 100, furent particulièrement difficiles. Le second bilan trimestriel indiquait une perte supérieure au capital souscrit (£. 103); le troisième bilan était en déficit de £. 338. A la suite d'une assemblée tumultueuse, le directeur fut congédié. Les administrateurs, fort inexpérimentés, se décidèrent à aller eux-mêmes sur le marché, emmenant avec eux un meunier pour apprécier la qualité du grain.

Les difficultés étaient multiples : non seulement la mauvaise qualité du blé et une gestion incapable avaient compromis le succès de l'affaire, mais lorsque la mouture devint satisfaisante, la consommation, habituée à des farines blanchies artificiellement, hésita à s'approvisionner de produits plus purs, mais plus jaunes. Néanmoins, grâce au dévouement du Conseil d'administration, le premier trimestre écoulé sans directeur donna un bénéfice de £. 20 et, à la fin de l'année 1855, les pertes antérieures se trouvèrent presque entièrement récupérées. En 1856, la Société établit à Rochdale, en remplacement du moulin qu'elle avait en location, une meunerie coûtant £. 6.827 (plus de 170,000 francs). En 1860, le nombre des sociétaires s'élevait à 550, y

compris les délégués des autres Sociétés coopératives, dont les capitaux disponibles trouvaient dans les moulins de Rochdale un placement à 5 pour 100, au lieu de l'intérêt de 2 à 3 pour 100 servi par les maisons de banque ; à la même époque, le chiffre des affaires atteignait annuellement à £. 33,140 (828,500 francs).

Quinze ans plus tard (1876) la Société des moulins de Rochdale possédait un capital de £. 77,279 (1,932,000 francs) donnant lieu à £. 176,671, soit 4,417,000 francs de transactions annuelles et laissant un bénéfice d'environ 4,60 pour 100 du capital versé, toutes charges payées.

Dès que les embarras financiers de cette association avaient pris fin, les Pioniers poursuivant leur développement industriel, s'étaient empressés de créer en 1854 et en 1855, deux filatures de coton renfermant 50,000 broches, en 1855 également, un tissage de lainages et de cotonnades avec 96 métiers mécaniques.

L'organisation de ces établissements présente des particularités statutaires dignes de remarque.

Tout ouvrier employé, à Rochdale, dans le département de la fabrication, est tenu de devenir capitaliste. Soit par une souscription hebdomadaire, soit autrement, il doit posséder cinq parts de la Société qui l'occupe. Ces parts sont de 1 liv. chaque (25 francs). La souscription et le payement du droit d'entrée fixé à 1 sh. (1 fr. 25) sont précédés d'une demande d'admission présentée par deux parrains ; l'admission n'est définitive qu'après un vote de l'Assemblée générale.

Aucun sociétaire n'a droit de posséder plus de deux cents parts (5,000 francs de capital). Les versements de la cotisation sont fixés à un minimum de trois pence par semaine, ou 3 shillings et 3 pence par trimestre, jusqu'à ce que le capital souscrit de 5 livres se trouve constitué. Un retard de payement non motivé pour cause de maladie, de misère ou de manque d'ouvrage, entraîne une amende de trois pence (30 centimes).

Le capital immobilisé de chaque sociétaire est fixé à deux livres (50 francs). Les trois livres, qui complètent la souscription primitive peuvent faire l'objet d'un retrait, soumis au consentement du Conseil d'administration.

Les retraits de dépôts excédant la souscription statutaire s'effectuent au bout d'un temps variable suivant l'importance de la somme.

Pour le retrait de 1 £. 5 sh. (31 fr. 25) il suffit d'un simple avis.

Pour le retrait de 1 £. 5 sh. à 2 £. 10 sh. (31 fr. 25 à 62 fr. 50 c.) avis doit en être donné deux semaines à l'avance et ainsi de suite.

Lorsqu'en 1861, la guerre de sécession des États-Unis produisit la famine du coton, de sinistres prédictions assaillirent les coopérateurs comme au début de leur œuvre. Si les Pioniers, entre autres, trouvaient un puissant appui moral auprès d'hommes éminents tels que Richard Cobden, Thos. Livsey, alderman de Rochdale, Bright, etc., ils rencontraient chez d'autres économistes, les J.-S. Mill, les Fawcett, etc., des adversaires peu convaincus de la force de résistance d'un groupe d'ouvriers obligés de se contenter, pendant plusieurs années, de salaires réduits.

La prudente organisation des Pioniers sauva la situation. On a vu qu'à l'époque de la crise cotonnière, la coopération se subdivisait à Rochdale en trois branches principales : la vente des objets de consommation, la meunerie et les fabriques de cotonnades. Les trois groupes réunis comptaient 4,600 sociétaires possédant un capital de £. 57,500 (1,437,500 francs). Le chiffre des affaires était plus que le triple du capital social (£. 174,000 = 4,350,000 francs), les bénéfices annuels s'élevaient à £. 15,000 = 375,000 francs.

Dès 1861, la société de Rochdale ressentit les effets de la crise : Les ventes qui, pour le trimestre finissant en mars, étaient encore de £. 47,000, tombèrent, pour le trimestre de décembre, à £. 42,000. En 1862, les deux tiers des habitants de Rochdale étaient peu occupés, la majeure partie des fabriques se trouvait fermée et les ouvriers n'avaient guère que les épargnes antérieures pour subsister. Le nombre des sociétaires décrut, cette année-là, de cinq cents. On a vu que les coopérateurs devaient laisser dans la caisse sociale un dépôt minimum de 50 francs, ou se retirer. Le capital diminua de £. 4,500 (112,500 francs), les ventes se réduisirent en douze mois, de £. 32,000 (800,000 francs).

Toutefois, l'Association résista à la tourmente qui devait l'emporter et les établissements réunis des Pioniers de Rochdale trouvèrent encore moyen de donner £. 1,500 (37,500 francs) pour le fonds de secours des ouvriers sans ouvrage. La société manufacturière coopérative ne réduisit pas le taux des salaires pendant la crise et perdit moins de temps qu'aucune usine du voisinage.

Depuis lors, le développement de la coopération n'a subi aucun arrêt

à Rochdale. Vers 1866, les Pioniers fondèrent une société au capital de £. 25,000 (625,000 francs) pour la construction de maisons ouvrières. Cette même année, trente-six cottages furent bâtis sur la totalité du terrain acquis. La vente des constructions permit d'en édifier de nouvelles et aujourd'hui il existe là ce qu'on pourrait appeler une ville coopérative. Ces habitations sont bâties d'après les types les mieux étudiés pour donner aux occupants le maximum d'air et de lumière, sans négliger les détails propres à assurer la durée des immeubles.

Les Pioniers de Rochdale ont aussi construit, avec leurs propres fonds, dix des seize magasins-succursales qu'ils possèdent actuellement; ils ont acquis la propriété de deux autres magasins ; quatre seulement sont loués à bail. A la plupart des succursales se trouvent annexées des salles de lecture. L'établissement central, outre les magasins d'approvisionnement et de vente, contient une salle de réunion disposée pour recevoir 1,400 personnes, une bibliothèque possédant douze mille volumes, des lunettes astronomiques, des microscopes, des cartes, mappemondes, etc. La plupart des sociétés coopératives prélèvent, en effet, de 1 à 2 1/2 pour 100 des bénéfices nets pour constituer ce qu'elles nomment le fonds d'éducation. Ce fonds sert à acheter des livres, à créer des cours dont le programme est analogue à celui de nos associations polytechnique et philotechnique.

Les Pioniers de Rochdale n'ont jamais perdu de vue ce côté moralisateur de l'œuvre ; ils payent de leurs deniers des professeurs de sciences appliquées et de français. En dehors des avantages matériels, les occupations intellectuelles ne constituent pas le moindre attrait de la coopération et expliquent comment le nombre des associés suit une progression plus remarquable dans les petites villes que dans les grands centres comme Londres ou Paris, où le travailleur se trouve facilement distrait. Ainsi, sur une population de 65,000 habitants, Rochdale comptait, en 1877, — c'est le dernier recensement qu'il nous ait été donné de relever, — 9,722 coopérateurs.

D'autres associations sont plus nombreuses encore et témoignent d'une égale vitalité ; la société industrielle de Leeds « *The Leeds industrial cooperative Society* » notamment, compte au delà de vingt mille membres. Contrairement à ce qui se passe d'ordinaire avec les groupes coopératifs, la Société de Leeds débuta par la production. Les fonda-

teurs, mécontents de la mauvaise qualité, de l'impureté des farines qui leur étaient vendues, se firent meuniers, en 1847, sans s'être organisés en société de consommation ; ils continuèrent donc à s'approvisionner pour les objets autres que la farine, chez les marchands de la ville, jusqu'à ce que le développement des affaires leur permit de se passer d'intermédiaires.

Les progrès des quinze premières années furent relativement lents. A la fin de 1862, la Société réunissait 3,771 membres; le capital de £. 19,799 (495,000 francs) donnait lieu à un chiffre d'affaires de £. 88,400 (2 millions 210,000 francs). Neuf ans plus tard, 4,862 sociétaires possédaient un capital de £. 23,793 (594,825 francs) et vendaient annuellement pour trois millions de francs de farines, avec un bénéfice de 183,000 francs, soit 6,1 pour 100.

A dater de cette époque, l'action de la Société de Leeds s'étendit aux districts environnants et son développement dépassa les progrès des autres associations coopératives du Royaume-Uni. En trois années, de 1871 à 1874, le nombre des membres fut presque triplé, le capital s'éleva de £. 23,793 à £. 100,332 (plus de 2,500,000 francs). Durant les sept dernières années, le fonds social atteignit au chiffre de £. 190,038 (4,751,000 francs) et les transactions laissèrent aux 20,543 sociétaires, des bénéfices annuels de 9,5 pour 100.

Pour un capital souscrit et versé d'environ six millions de francs, les associés ont retiré, en trente-quatre années, 11,300,000 francs et il reste à leur actif 4,750,000 francs.

Au mois d'octobre 1881, les moulins de la Société de Leeds furent détruits par le feu. Moins de douze mois après le sinistre, s'élevait sur le même emplacement une importante construction pourvue du meilleur outillage.

Pendant la réédification des moulins, la Société satisfit aux demandes de ses cinquante-quatre succursales, grâce au concours des autres meuniers de la ville. Ceux-ci qui, trente ans auparavant, à la suite d'une rupture de transmission mécanique, avaient refusé de fournir de la farine aux coopérateurs, vinrent spontanément offrir leurs services après l'incendie de 1881.

Comme le faisait remarquer le Président du Conseil d'administration, lors de l'inauguration du nouvel établissement, cette démarche des meuniers concurrents témoigne d'égards, auxquels la coopération n'était pas habituée à l'origine.

Les constructions nouvelles désignées sous la dénomination de « Moulins du peuple » occupent les trois côtés d'un parallélogramme irrégulier, avec cour centrale, et donnent sur trois des rues les plus animées de la ville. A l'arrivée, les grains sont reçus dans un magasin construit à l'épreuve du feu (*fire-proof*), murs en briques et planchers en fer. Quatre étages soutenus au milieu par des colonnes en fonte, mesurent trente-neuf mètres de longueur sur seize mètres de largeur. Les escaliers en fer sont clos par des portes de même métal. La construction entière a employé quatre cents tonnes de fer.

Trois entrées principales conduisent à l'intérieur du magasin et permettent de décharger simultanément autant de camions, dans de grandes trémies. Le grain est repris aussitôt par des élévateurs, qui le portent à l'étage supérieur. Déposé dans des nettoyeurs, qui extraient tous les corps étrangers, le grain est ensuite conduit automatiquement dans des compartiments contenant chacun quatre cents quintaux.

Ici intervient un appareil ingénieux pour fournir, mélanger et mesurer le grain. Ce mécanisme, fixé à la base de la trémie du compartiment-réservoir, consiste en un tambour, dans lequel sont ménagées des cavités équidistantes et de même capacité; ces cavités peuvent être ouvertes ou fermées, à volonté. Chacune passe à son tour sous la bouche de la trémie correspondante, de sorte qu'une, deux, trois ou toutes les trémies versent une, deux, trois, etc. quantités et qualités de grain, suivant que les cavités et les bouches sont ouvertes ou fermées. Comme les tambours, en tournant, jettent le grain dans un long canal hélicoïdal, le mélange est mieux fait qu'avec l'ancienne méthode à la pelle.

Au delà du magasin, qui peut contenir 6,000 tonnes de grains ou de farines, se trouve la meunerie proprement dite. Le batiment des moulins est presque carré (28 mètres de façade sur 27^{m},30 de profondeur); il est élevé de cinq étages en briques, séparés du reste de l'établissement par un mur également en briques.

Le moulin communique avec le magasin par des portes à coulisse en fer; il est subdivisé en deux sections, l'une renfermant des meules plates, l'autre, des meules cylindriques, de façon à utiliser les deux systèmes de mouture isolément ou en combinaison.

Les sections réunies sont outillées pour moudre 1,500 sacs de blé par semaine de 54 heures. Les moulins à cylindres ont été

construits à Liverpool sur les meilleurs modèles de machines hongroises.

Pour parer aux explosions que déterminent parfois les fines poussières de farine répandues dans l'atmosphère, des appareils très simples ont été établis par M. Brandstaetter, directeur des ateliers chargés de la fourniture du matériel. Ces collecteurs de poussière se composent de petits rouleaux, fixés sur un bâti découvert et entraînant dans leur mouvement de rotation un tablier ou toile sans fin en flanelle. La flanelle, en tournant, recueille la poussière à mesure qu'elle se dégage des meules ou des cylindres et se trouve constamment nettoyée par des brosses, qui frappent le tablier et font tomber la poussière dans des récipients spéciaux.

La boulangerie, située près du magasin aux farines, est comme le reste, pourvue d'engins perfectionnés, de pétrins mécaniques.

Enfin, six machines à vapeur, dont une de 250 chevaux, distribuent la force motrice dans les diverses parties de l'établissement.

Les Sociétés coopératives ne trouvent pas toujours un terrain aussi bien préparé qu'à Leeds, où la population ouvrière, adonnée à des travaux très variés de métallurgie, de filature, de tissage, de tannerie, etc., est évaluée à cent mille âmes tant dans la ville qu'aux environs. Sans parler de la difficulté de réunir un grand nombre d'adhérents convaincus et de grouper à la tête des associations des administrateurs énergiques, dévoués, persévérants, il en est des collectivités comme des individus que les circonstances entravent ou favorisent.

La « Société coopérative de Cramlington » en fournit une preuve. En 1859, les promoteurs de cette association eurent entre les mains la première partie du livre déjà cité, où se trouve détaillée l'histoire des Pioniers de Rochdale.

L'étude de ce livre, les heureux résultats obtenus par les Pioniers, inspirèrent à un petit noyau de lecteurs, le désir de suivre l'exemple des tisseurs de Rochdale. Les difficultés semblaient presqu'insurmontables dans un district houiller, où le travail était irrégulier en toute saison. A la suite d'hésitations qui durèrent plus d'une année, une réunion eut lieu, le 5 janvier 1861, en vue de la création d'un magasin d'approvisionnement. L'assistance était nombreuse, mais peu au courant du fonctionnement des sociétés coopératives. Après de longues explications, la proposition, au sujet de laquelle on s'était réuni, fut

adoptée, mais la souscription aussitôt ouverte ne donna qu'un total de sept francs.

D'autres meetings suivirent et l'idée se trouvant mieux comprise, le capital souscrit s'éleva, en quinze jours, à £. 23(575 francs). Il fut décidé de commencer avec cette faible somme dans une toute petite boutique appartenant à l'un des coopérateurs. Une fois le local approprié, les ustensibles indispensables acquis, le reliquat de la première mise de fonds fut confié à deux des mineurs associés pour aller à Newcastle acheter des provisions d'épicerie et autres denrées. Enfin, le samedi 22 mars 1861, fut inaugurée la vente. Cette journée donna des résultats tellement satisfaisants qu'il resta peu de marchandises, le soir. Cependant, on n'osa pas laisser le stock sans garde et des hommes de bonne volonté vinrent à tour de rôle passer les nuits à l'intérieur du magasin pour veiller, deux à deux, sur le bien commun.

Au bout de peu de temps, les coopérateurs reconnurent l'utilité d'ajouter la farine aux autres approvisionnements. Les meuniers de Newcastle et des environs, à l'exception d'un seul, déclinèrent les commandes. Ce refus résultait de la pression exercée par les marchands de la ville, qui avaient menacé de cesser leurs achats chez tout meunier consentant à approvisionner la Société nouvelle. Avec des précautions infinies pour cacher l'origine de la farine et sous condition expresse du payement comptant, M. Robert Brown, de Newcastle, s'aventura à fournir les premiers sacs.

L'accroissement du capital social mit fin aux transes des administrateurs, obligés de dépenser des sommes relativement considérables pour acheter les denrées à bon compte.

Le premier bilan trimestriel donna un bénéfice de 10 pour 100 et ce résultat compensa largement les inquiétudes et les tribulations. Durant les sept premiers mois, les administrateurs et quelques autres sociétaires s'étaient dévoués gratuitement, ouvrant le petit magasin, chaque soir, pendant quelques heures, sauf le samedi où la boutique restait ouverte tout le jour, servant eux-mêmes la clientèle. Mais les mineurs n'ont pas les doigts très souples et s'entendent mal à faire les paquets. Un gérant put être payé sur les frais généraux et entra en fonctions en octobre 1861. L'année suivante, une assemblée extraordinaire autorisa l'acquisition de la boutique déjà agrandie et la reconstruction sur le même emplacement d'un magasin mieux aménagé.

Après six années d'une prospérité sans précédent commença une succession de revers. Pendant les derniers mois de 1868, de faux rapports répandus dans la population ébranlèrent le crédit de l'association. Les transactions s'amoindrirent au cours de l'année 1869; les recettes diminuant, les dividendes descendirent au-dessous de ce qu'ils avaient été jusque-là. Il en advint du découragement parmi les coopérateurs, une sorte d'aigreur mutuelle, qui causa de nombreuses défections; les retraits de fonds se multiplièrent. La caisse sociale était heureusement en bonne situation et non seulement le Conseil fit droit à toutes les demandes, mais il invita les mécontents à venir retirer leurs dépôts. Cette mesure arrêta la panique et le terrain perdu fut promptement regagné. Cinq succursales établies dans les villages environnants, une participation dans la société coopérative du moulin à blé de Crofton, donnèrent un nouvel entrain aux transactions.

Un placement, consenti à la Compagnie des ateliers mécaniques d'Ouseburn, fut malheureux : 200 parts, de £. 5 chaque, se trouvèrent à peu près englouties dans cette affaire, qui ne rendit que £. 134, à titre d'intérêts. L'émotion ressentie par les associés se calma encore une fois en voyant les profits d'un trimestre combler le déficit.

En 1872, la société de Cramlington se décida à verser un premier dépôt de £. 1,500 (37,500 francs) dans la caisse de l'*Industrial Bank*. Cet établissement financier donna d'excellents résultats pendant cinq exercices, puis périclita rapidement et finit par fermer ses portes, en octobre 1876, engouffrant dans le désastre £. 10,229 (255,725 francs) déposés par les coopérateurs de Cramlington. Ceux-ci, depuis lors, ont recouvré à peu près la moitié de la perte mais, deux jours avant la faillite, la société de Cramlington avait effectué un versement de 32,000 francs dans la caisse de la banque et il ne fallut rien moins que des mesures extrêmes pour échapper au péril de la situation. De tous côtés arrivaient des demandes de retraits et, à part le montant des ventes pendant les trois jours qui avaient précédé la catastrophe, la Société n'avait plus de ressources disponibles.

Un arrangement intervint avec la *National Provincial Bank* et un crédit de £. 1,000 permit de continuer les transactions. Les plus grands embarras provinrent de la défection des sociétaires eux-mêmes; à la fin de la seconde année qui suivit la fermeture de l'*Industrial Bank*, les retraits de fonds s'élevaient à £. 20,000, en chiffres ronds 500,000 francs.

Le Conseil d'administration dut limiter ses approvisionnements, retirer tous les capitaux placés sous forme d'actions ou d'obligations dans d'autres associations coopératives; c'était une perte sèche de revenus, mais il fallait satisfaire aux engagements. Il convient de noter que les autres sociétés coopératives prêtèrent tout le concours possible.

Aujourd'hui les coopérateurs du district de Cramlington se sont remis de cette terrible secousse et ont consacré à l'érection de magasins en rapport avec le développement des affaires sociales, une somme d'environ 137,000 francs. Le nombre des sociétaires tombé de 2,111, en 1876, à 1,052, en 1879, s'était relevé à 1,440 en 1881, avec un capital de £. 13,924, soit une moyenne de 240 francs par sociétaire. Comme dans les crises antérieures, les administrateurs avaient su relever la fortune de la société, compromise par des placements dont la gestion leur échappait.

Si, d'après les trois exemples cités, les Pioniers de Rochdale, la Société industrielle de Leeds, la Société du district de Cramlington, on considère la nature des obstacles qui ralentissent les premiers pas des sociétés coopératives, on remarque d'abord une certaine défiance des intéressés, souvent motivée par l'inexpérience des promoteurs, parfois accrue par le mauvais vouloir des adversaires naturels de la coopération; puis la difficulté des approvisionnements pour les sociétés de consommation et l'absence de débouchés avantageux pour les associations de production. Le temps et l'éducation, l'expérience acquise triomphent peu à peu des anciens préjugés, que battent en brèche de nombreuses publications spéciales, périodiques ou autres.

Les relations commerciales des sociétés de consommation et de production sont, en outre, facilitées aujourd'hui par l'organisation de deux grandes agences coopératives établies en Angleterre et en Écosse.

La conception d'une société centrale qui, subventionnée par les diverses sociétés locales, fût à même de leur procurer les denrées de bonne qualité aux plus bas prix du commerce en gros, était rationnelle. Toutefois, l'idée émise trop tôt donna lieu à deux essais infructueux; le premier fut tenté, en 1850, par les chrétiens socialistes de Londres; le second, vers 1853, par les Pioniers de Rochdale. L'un des partisans les plus convaincus de la deuxième tentative, M. Greenwood,

attendit dix ans pour reprendre l'exécution de l'entreprise, dont il pressentait les avantages. En 1863, M. Greenwood fit le relevé de la consommation sur laquelle il était possible de compter avec les quarante mille associés des cent vingt magasins de consommation établis dans les trois comtés limitrophes de Lancastre, d'York et de Chester. D'après le recensement, la somme des achats hebdomadaires devait s'élever, à raison d'une dépense minimum de 10 shillings par tête, au total de £. 20,000, soit par, année, plus d'un million de livres (environ vingt-six millions de francs). Une société se forma à Manchester, en 1864, sous le titre de *North of England Cooperative Wholesale Industrial and Provident Society limited*, et cette troisième tentative fut couronnée d'un plein succès.

Pour participer aux avantages de la Société de gros, chaque société de consommation souscrit un nombre d'actions proportionnel à celui de ses membres, une action pour dix sociétaires. Ces parts sont de cinq livres (125 francs) mais il n'est versé qu'un shilling (1 fr. 25) en souscrivant. Le reste, soit quatre livres et dix-neuf shillings, est successivement prélevé sur les dividendes résultant des achats effectués à la Société de gros et sur les intérêts à 5 pour 100 des retenues ci-dessus, au fur et à mesure de la capitalisation de ces retenues. Les parts souscrites ne sont pas remboursables, mais les statuts de la Société de gros donnent au Conseil d'administration le pouvoir d'en autoriser le transfert d'une société à une autre et de payer aux cédants les dividendes laissés en dépôt.

Il s'est fondé en Écosse (1869) une agence coopérative tout à fait comparable à la Société de gros du nord de l'Angleterre. Les parts de la Société écossaise ne sont que de dix shillings, mais tous les membres des sociétés affiliées doivent souscrire une action ; un shilling est versé au moment de l'admission, les neuf shillings complémentaires sont fournis par l'accumulation des dividendes.

On trouvera dans les tableaux ci-après des statistiques indiquant le développement des Sociétés coopératives de gros, le chiffre des dépenses et des bénéfices, les dividendes distribués depuis la fondation.

Situation de la « Cooperative Wholesale Sy » (Société de commerce de gros) dont le siège principal est à Manchester.

ANNÉES.	NOMBRE de Parts ou actions.	NOMBRE de membres.	CAPITAL (Actions et Obligations.)	TOTAL des ventes.	DÉPENSES.	PROFITS.	POUR 100 £ DE VENTES		DIVIDENDE MOYEN par 100 livres st.		
							DÉPENSES.	PROFITS.			
			£	£	£	£	£	£	£	Sh.	D.
1864	»	18.337	2.155	51.857	347	265	0.6691	0.5108	0	12	6
1865	»	24.005	7.182	128.754	906	1.658	0.6435	1.5207	1	9	2
1866	»	31.030	11.050	175.589	1.615	2.310	0.9197	1.3155	1	5	0
1867	»	57.448	24.609	255.798	2.318	3.450	0.9042	1.3686	1	5	0
1868	»	74.494	29.102	381.462	3.306	4.923	0.8666	1.2635	0	16	0
1869	»	77.686	37.786	469.174	4.239	3.582	0.9035	0.7632	0	14	7
1870	»	87.854	43.950	653.605	5.400	6.816	0.8248	1.0425	0	16	8
1871	5.821	114.184	49.269	727.735	6.284	8.035	0.8690	1.1036	0	19	9 ½
1872	6.651	131.191	133.493	1.025.392	10.924	10.466	1.0587	1.0167	0	19	9 ½
1873	12.894	168.661	196.577	1.531.949	18.854	13.758	1.2320	0.9045	0	16	8
1874	16.641	192.457	228.817	1.925.546	27.617	19.275	1.4285	1.0020	0	16	8
1875	21.473	241.829	360.527	2.103.225	30.189	23.815	1.4353	1.1322	0	18	9
1876	24.685	274.874	399.255	2.654.320	40.226	34.807	1.5177	1.3079	0	18	9
1877	24.850	278.352	414.415	2.801.477	42.807	38.274	1.4804	1.1506	0	18	9
1878	28.191	305.008	457.370	2.739.580	4[illegible].617	33.356	1.6190	1.2172	0	17	8 ½
1879	30.544	330.236	481.086	2.509.466	40.646	31.211	1.6196	1.2437	0	18	9
1880	33.185	356.761	553.931	3.255.256	46.076	50.014	1.4212	1.5489	1	0	10

Situation de la « Cooperative Wholesale Sy » d'Ecosse.

ANNÉES.	PARTS souscrites.	Capital-actions, obligations, réserve et assurance.	VENTES de l'année.	DÉPENSES.	PROFITS.	POUR 100 £ DE VENTES.		DIVIDENDE MOYEN par £ 100.		
						DÉPENSES.	PROFITS.			
		£	£	£	£			L.	sh.	d.
1869	»	5.174	81.094	1.035	1.305	1.2762	1.7093	1	7	4
1870	»	12.543	105.249	1.549	2.418	1.4714	2.2849	1	16	5
1871	»	18.809	162.658	2.180	4.131	1.342	2.478	2	3	9
1872	18.708	30.931	264.530	3.470	5.435	1.3216	2.0702	1	16	5
1873	21.271	50.443	384.489	5.055	7.445	1.3347	1.9365	1	16	5
1874	24.651	48.981	409.917	6.696	7.553	1.4869	1.8351	1	16	5
1875	27.112	56.750	430.169	7.131	8.232	1.6690	1.9136	1	13	4*
1876	29.008	67.218	457.519	7.540	8.836	1.6480	1.9290	1	13	4*
1877	31.945	72.568	589.221	8.648	10.925	1.4677	1.8541	1	13	4*
1878	34.830	81.173	590.690	10.095	11.068	1.7090	2.0261	1	13	4*
1879	36.008	93.076	620.097	11.117	14.989	1.7927	2.4172	1	16	5
1880	41.584	110.179	845.221	13.010	21.685	1.5274	2.5536	2	14	2

* Pendant les quatre années 1875-76-77-78, la Société dut recouvrer £ 10.214, 4 sh. 11 d. perdus dans un placement sur la Compagnie des « Scottisch Iron Works. »

Ces deux Sociétés représentent un certain nombre d'associations coopératives de production et ne se bornent pas au commerce intérieur. La plus ancienne possède deux navires à vapeur, le *Pioneer*, de 500 tonneaux et le *Cambrian*, de 450 tonneaux, qui exportent en France les produits des manufactures anglaises et importent, au retour, les denrées nécessaires à l'approvisionnement des magasins de consommation. Le *Pioneer* effectue la traversée entre Garston et Rouen, tous les quinze jours; le service du *Cambrian*, entre Goole et Calais, est hebdomadaire. La même Société conserve, à poste fixe, un acheteur à New-York, pour les denrées de toute nature, un autre à Copenhague, pour le beurre et la farine, un troisième à Londres, pour le choix des thés et des cafés.

Les ventes annuelles donnent actuellemont un total de £. 3,850,000 (96,250,000 francs); dans le département, qui s'occupe exclusivement de la banque, le mouvement des fonds dépasse le chiffre de £. 12,000,000(300,000,000 de francs) par année.

Si l'on ajoute à ce qui précède que l'Angleterre et le pays de Galles seuls renfermaient, en 1878, 2,075 Sociétés coopératives, dont 963[1] comptaient 490,584 membres, possédant un capital-actions de £. 5,464,832 (136,620,800 francs) et un capital-obligations de £. 965,499 (24,137,475 francs), que l'Écosse comprenait, à la même époque, 380 Sociétés coopératives, dont 218 réunissaient 70,119 membres avec un capital-actions de £. 381,628 (9,540,700 francs) et un capital-obligations de £. 180,208 (4,505,200 francs), on jugera de la puissance de l'association, telle qu'elle est comprise et pratiquée chez nos voisins[2].

Le système coopératif du Royaume-Uni constitue une véritable révolution sociale, révolution pacifique réalisée sans non effort par les classes pauvres et propre à développer l'esprit d'épargne. L'augmentation du capital placé dans les Sociétés coopératives égale, en moyenne, soixante pour cent des sommes payées à titre de dividendes sur le montant des achats.

Le système coopératif, en Angleterre, a donc produit des résultats analogues à ceux obtenus en Allemagne, en Autriche, en Belgique,

1. Les autres sociétés n'ont pas fourni d'état de situation.

2. L'Irlande compte seulement quatre sociétés avec un total de 290 membres possédant 1.560 livres (29,000 francs).

en Italie, par le docteur Schulze-Delitzsch avec les banques populaires. On sait que le principe, sur lequel reposent ces banques, est la responsabilité illimitée de chaque sociétaire pour la totalité des dettes de la banque à laquelle il appartient. Les dépôts et les prêts consentis grâce à cette responsabilité mutuelle, aussi bien par les banques ordinaires que par les particuliers, donnent aux banques populaires la faculté de faire des avances très supérieures aux sommes que permettrait leur propre capital[1].

Les actions souscrites et payées par les fondateurs des banques populaires servent à créer la confiance, qui attire les dépôts et les prêts, à former des réserves placées en fonds d'État, à constituer ainsi un actif toujours réalisable.

Les dividendes, provenant non de grands profits sur le capital même de ces banques, mais de faibles bénéfices multipliés par de nombreuses transactions sur la masse flottante des dépôts, permettent aux actionnaires d'établir pour leur compte des Sociétés de consommation, de constructions, d'assurances, etc.

En vingt années, 480,509 individus ont, à la faveur de ce système, accumulé un capital de 135,919,000 francs, tandis qu'en Angleterre, trente-six ans après la fondation de la Société des Pioniers de Rochdale, 485,360 coopérateurs ne possédaient encore que 134,352,000 francs. Il semble *a priori* que la méthode préconisée par M. Schulze-Delitzsch présente sur le système coopératif anglais, des avantages économiques.

Quelle que soit la productivité des deux systèmes — et il est difficile d'établir une comparaison rigoureuse avec des peuples d'habitudes et de goûts absolument différents — le régime coopératif, tel que l'ont adopté les Anglais, convient à l'organisation manufacturière de la Grande-Bretagne. L'esprit britannique se fût, d'ailleurs, montré rebelle à l'idée d'une responsabilité illimitée. En Allemagne, au contraire, où la grande industrie n'avait pas atteint au développement dont nous sommes témoins, le morcellement des forces productives, la subdivision du commerce se prêtaient bien à l'adoption des banques populaires.

1. Il existait en Allemagne, en 1878, dix-huit-cent quarante-une banques populaires comprenant environ un million de membres et faisant un chiffre d'affaires évalué à 2,500,000,000 de francs, avec un capital-actions de 212,500,000 francs et un capital-dépôts et emprunts de 500,000,000 de francs.

Pourquoi les ouvriers français se sont-ils laissé devancer sur le terrain économique par les ouvriers anglais? La cause en est-elle au caractère national? Nous ne le croyons pas, mais pour répondre complètement à la question, il faudrait entrer dans une voie où nous ne devons pas nous engager ici. Il nous sera permis, toutefois, de noter qu'après 1848, des associations ouvrières, principalement celles qui ne firent pas appel à l'assistance de l'État, donnèrent des preuves de vitalité et d'aptitudes commerciales, que malheureusement les événements politiques entravèrent bientôt ces premiers pas et substituèrent à la liberté, c'est-à-dire à la responsabilité individuelle, l'élément autoritaire, l'intervention d'un contrôle plus ou moins intéressé dans les œuvres collectives, le socialisme d'État, en un mot, dont nous avons tant de peine à nous dégager.

Le principe coopératif n'est représenté, dans notre pays, que par des tentatives isolées et, cependant, l'esprit français n'est point réfractaire à l'idée d'association. Les établissements de M. Godin, à Guise, fournissent même un exemple pratique d'une forme de coopération particulièrement intéressante, en ce qu'elle est basée sur une égale répartition de profits entre le capital et le travail. Dans la fonderie de Guise, après prélèvement sur les bénéfices, du fonds de réserve et de l'intérêt de l'argent au taux ordinaire, le reliquat de la somme disponible se partage par moitié entre le capital social et le travail, intellectuel ou manuel (proportionnellement aux traitements ou salaires de chacun).

Ce mode de répartition serait facilement applicable dans des Sociétés coopératives de production, où le capital se trouverait fourni en majeure partie par les ouvriers eux-mêmes, et donnerait satisfaction à nos tendances égalitaires.

D'après les résultats des syndicats agricoles, qui se multiplient en vue d'objets déterminés, le moment paraît opportun pour l'extension, en France, des sociétés coopératives proprement dites. Ces associations feront disparaître bien des malentendus et fourniront aux ouvriers les moyens d'améliorer leur situation sous tous rapports, à la condition de ne point se départir des règles de prudence qui ont fait la fortune des associations anglaises et qui peuvent se résumer comme suit :

1° Participation de tous les intéressés, hommes, femmes et enfants

depuis l'âge de seize ans, à la constitution du capital social, formé de parts ou actions relativement peu coûteuses;

2° Dépôt obligatoire, pour chaque sociétaire, d'une somme immobilisée, à titre de garantie;

3° Responsabilité limitée;

4° Transactions exclusivement au comptant;

5° Limitation du nombre des parts pouvant être réunies dans les mêmes mains;

6° Développement de l'instruction et de l'éducation des associés par les lectures, les conférences, les cours, etc.

A ceux qui doutent de l'avenir des associations dans notre pays et prétextent de la légèreté des Français, nous répondrons, en terminant, par les considérations suivantes empruntées à l'*Essai*, du comte de Montlosier, *sur l'art de constituer les peuples :*

« L'inconséquence et la frivolité de la nation ne sont pas, comme « on le croit, une chose qui lui soit naturelle, qui dépende de son « climat ou de quelque autre cause particulière et permanente; elle « provient de l'inconséquence même, de la versatilité de tout ce qui « existait... Donnez une bonne constitution à ce peuple, il deviendra « fort. Mettez de l'ordre dans son gouvernement, et vous en mettrez « dans ses idées. Le peuple français, dit-on, est peu sage ; donc il ne « lui faut pas de liberté. Et moi, je réponds : Donc il lui faut de la « liberté pour qu'il devienne sage. ».

CHRONIQUE

Sommaire. — La navigation du Rhône. — Avantages de l'uniformité dans le matériel roulant des chemins de fer. — Déplacement du phare de Sunderland. — Emploi de l'acier doux pour les foyers de locomotives. — Moyens de prévenir les abordages en mer. — Origine des moteurs à gaz.

La navigation du Rhône. — Notre collègue, M. F. Moreaux, administrateur de la Compagnie de Fives-Lille, a adressé à la Société un important mémoire intitulé : *Recherche du meilleur mode de navigation sur le Rhône, précédée de considérations sur la résistance au mouvement des coques de bateau en mer, dans les rivières et dans les canaux.*

La question que traite M. Moreaux est des plus importantes pour l'abaissement des prix de transport et la conservation du transit par la France entre le Nord et l'Est et la Méditerranée, transit que l'Allemagne et le Gothard cherchent à détourner au profit de Gênes et de Trieste.

L'auteur étudie d'abord la résistance des coques de bateaux dans les divers milieux, tels que mers, rivières et canaux; on sait que l'influence du milieu est très considérable sur la résistance et, de plus, dans un milieu de section limitée, la résistance d'un bateau qui se meut sous l'action de ses roues à palettes est notablement supérieure à celle du même bateau toué ou remorqué.

Prenons pour point de départ le plus grand bateau de la Compagnie générale de navigation, la *Méditerranée*, dont les dimensions sont :

Longueur à la flottaison	136m,00
Largeur à la flottaison.	6m,60
Tirant d'eau	1m,16
Surface immergée du maître-couple	7m,55
Déplacement	902m,00
Surface mouillée.	1,100m,00

La machine de ce bateau est à un seul cylindre horizontal de 1m,70 de diamètre et 2m,50 de course ; les roues à aubes ont 6m,44 de diamètre extérieur et font de 20 à 24 tours par minute.

Les chaudières ont 260 mètres carrés de surface de chauffe et fonctionnent à 4 1/2 atmosphères.

La puissance indiquée pour donner au bateau une vitesse de 0m,57 par seconde contre un courant animé d'une vitesse de 3m,85 a été trouvée de 1,140 chevaux.

Dans ces conditions, on trouve que la résistance à la vitesse de 1 mètre

par seconde serait de 60 kilogrammes par mètre carré de section immergée du maître-couple et de $0^k,458$ par mètre carré de surface mouillée. Mais comme un courant de $3^m,85$ par seconde correspond à une pente de 2 millièmes, il faut tenir compte de l'action de la pesanteur, qui doit être déduite des chiffres ci-dessus, lesquels se trouvent par là ramenés à $48^k,70$ par mètre carré de surface immergée du maître-couple et $0^k,335$ par mètre carré de surface mouillée.

Si l'on applique à ce bateau les diverses formules de résistance, on trouve des différences très considérables. Ainsi, la résistance constatée par l'expérience ci-dessus rapportée étant de 7,221 kilogrammes à la vitesse relative de $4^m,42$ par seconde, la formule du général Morin, déduite des expériences du canal de l'Ourcq, ne donnerait que 2,645 kilogrammes, la formule de l'amiral Bourgois, pour bâtiments de mer, 467,5, celle de Rankine, modifiée pour un chenal étroit et peu profond, comme celui du Rhône, 10,810 kilogrammes.

Ces différences énormes indiquent la nécessité de trouver une nouvelle formule de résistance applicable aux longs bâtiments du Rhône aussi bien qu'aux bâtiments de mer.

L'auteur, pour y arriver, a commencé par réunir le plus grand nombre possible de résultats d'expériences sur la résistance des coques, et, pour les placer sur un terrain de comparaison, a ramené, pour chaque navire, le volume déplacé par la coque à celui d'un prisme hexagonal équivalent, dont le grand axe est égal à la longueur du navire et dont la section transversale est un rectangle de même surface que la partie immergée du maître-couple.

On a ainsi une figure précise qui donne toutes facilités pour l'application des formules de résistance à trouver, laquelle figure se composera d'un prisme central et de deux pans coupés. Si l'on appelle S' la surface mouillée de la partie milieu et S″ celles des formes avant et arrière, p la longueur de chaque pan coupé et l' la largeur, la formule générale de résistance aura la forme

$$Ru = K_1 S' + K_2 \times \frac{l'}{p} \times S'',$$

dans laquelle les coefficients K_1 et K_2 seront toujours les mêmes pour la remorque dans un milieu indéfini, et quelles que soient les dimensions du navire. Ces coefficients changeront de valeur lorsque les navires seront mus par leur propre propulseur ou quand ils navigueront dans des cours d'eau à section limitée.

Pour obtenir la valeur des coefficients K_1 et K_2, M. Moreaux a réuni un très grand nombre d'expériences sur toute espèce de navires et d'embarcations et a calculé les valeurs correspondantes des coefficients. Ces valeurs ne s'appliquent qu'aux coques de navires remorqués, halés, ou toués. (Tableau n° 1.)

Il a opéré de même pour les navires naviguant sous l'action de leur propre

moteur en mer ou en eaux profondes (tableaux nos 2, 3 et 4), et pour les bateaux naviguant dans les mêmes conditions sur le Rhône et la Saône (tableau n° 5.)

Les valeurs moyennes adoptées sont, suivant les conditions des divers tableaux :

Pour K_1, 0,10, 0,11, 0,12, 0,22;
Pour K_2, 0,48, 0,60, 1,00, 1,80 à 2,30.

Les résultats de ce mode de calcul, rapprochés de ceux que l'on obtient par l'emploi de la formule de Rankine, présentent des différences qui, surtout pour les bateaux remorqués dans les eaux peu profondes, ne sont pas très considérables, bien que dans d'autres cas elles s'élèvent assez haut.

Le mémoire décrit ensuite très sommairement les principaux types de bateaux à vapeur employés sur le Rhône et sur la Saône, type dont le plus puissant est la *Méditerranée*, dont il a été question ci-dessus, et donne d'intéressants détails sur des expériences dynamométriques faites par l'auteur avec un petit bateau à vapeur sur le Rhône.

Les chiffres les plus importants relevés dans ces expériences peuvent être résumés comme suit :

Profondeur du fleuve	7m.50	3m.70	2m.00
Vitesse du courant	1m.77	1m.54	1m.38
Effort total pour retenir le bateau	370kg	315kg	287kg
Action de la gravité	41	31	24
Différence ou résistance contre le courant	329	284	263
Résistance du bateau pour un mètre par seconde	105	121	138
Résistance par mètre carré de surface de maître-couple	21	25	27.60
Résistance par mètre carré de surface mouillée	0,53	0,61	0,70

On peut déduire également ces coefficients de résistance de l'expérience de la navigation en convois sur le Rhône au moyen des bateaux-grappins.

Ces bateaux remorquent, comme on sait, leurs convois dans les parties à faible vitesse de courant au moyen de leurs roues à aubes, et dans les autres parties en s'aidant de leur grappin; mais, au passage des rapides, ils font ce que, dans le langage des mariniers du Rhône, on appelle une portée de maille.

Cette opération consiste à amarrer le convoi et à faire franchir le rapide au remorqueur à l'aide de ses roues, puis, une fois celui-ci arrivé à une certaine distance en amont du rapide, on le fixe au fond en laissant tomber la roue à grappins et on rappelle le convoi avec un treuil avec machine spéciale que porte le remorqueur.

En recueillant les données expérimentales et en y appliquant le calcul on trouverait, pour 1 mètre de vitesse par seconde, une résistance de 45k,90 par mètre carré de section du maître-couple du convoi, ou 9k,18 en moyenne par mètre carré de la somme des maîtres-couples, et enfin de 0k,236 par mètre carré de surface mouillée.

Le même mode de calcul est appliqué au touage sur le Danube. On a trouvé quelque différence provenant notamment de ce que les formes des

bateaux remorqués ne sont pas les mêmes, et que, lorsqu'elles sont fines, comme dans le dernier cas, l'augmentation du nombre des chalands ne diminue pas leur résistance moyenne.

Le second chapitre du mémoire a pour objet l'étude du Rhône au point de vue de la navigation, comprenant le profil en long et les profondeurs à l'étiage.

En somme, la différence de niveau à l'étiage entre Lyon et Arles est de 157^m,20 pour 283 kilomètres, ce qui donne une pente moyenne de 0^m,555 par kilomètre; mais cette pente est très variable suivant les points du parcours : à Arles elle n'est que de 0^m,278, tandis qu'entre l'embouchure de l'Isère et Le Theil elle atteint 0^m,806.

La profondeur est, en moyenne, de 2 mètres au-dessous de l'étiage entre Lyon et l'embouchure de l'Isère, mais avec 9 seuils qui ne laissent que 0^m,80 à 1 mètre d'eau, de 2 mètres à 2^m,50 de l'embouchure de l'Isère à celle de l'Ardèche avec 12 seuils n'ayant que 0^m,60 à 1 mètre, et enfin de là jusqu'à Arles, de 2^m,50 à 3 mètres, avec 6 seuils de 0^m,70 à 1 mètre.

Le petit rayon des courbes contribue, avec la grande vitesse du courant, à constituer un grand nombre de passages difficiles, où cette vitesse varie de 2 mètres à 3^m,84. La profondeur d'eau sur les seuils varie naturellement avec la hauteur des eaux du fleuve, et par conséquent avec les crues.

Les travaux entrepris sur le Rhône donneront probablement une amélioration durable du mouillage et on pourra vraisemblablement arriver à réaliser un tirant d'eau de 1^m,40 pendant 356 jours, ce qu'on n'a guère actuellement pendant plus de 150 jours par année moyenne.

Le troisième chapitre est consacré à la recherche du meilleur mode de navigation du Rhône.

Le transport se fait actuellement :

1° Par les grands bâtiments porteurs;
2° Par les bâtiments grappins;
3° Par les bateaux-écluses.

Les deux premiers systèmes donnent lieu à un prix de revient de transport supérieur à 3 centimes par tonne et par kilomètre entre Marseille et Lyon, en comptant l'intérêt et l'amortissement des bateaux sur la base des prix de construction.

Les bateaux-écluses employés par la Compagnie d'Alais au Rhône n'ont, en charge, qu'un tirant d'eau de 1^m,10; l'auteur ne connaît pas le prix de revient par ce moyen, mais il ne le croit pas sensiblement inférieur au précédent.

De l'étude de tout ce qui a été fait jusqu'ici et de l'examen des conditions de navigation du Rhône, M. Moreaux arrive à conclure que l'emploi d'un bateau mixte à ancres, réalisant la séparation des marchandises et du moteur, répond à toutes les conditions, lesquelles sont :

La réduction du temps de séjour des remorqueurs et de leur équipage aux deux têtes de lignes;

La suppression du transbordement à Arles;

La possibilité de franchir les rapides;

La possibilité de remplacer la coque porteuse par une coque allège pour éviter le transbordement du bateau de canal et passer du tirant d'eau des canaux à celui du Rhône.

Le bateau mixte à ancres se compose d'un bateau moteur et d'un chaland porteur, pouvant prendre chacun son tirant d'eau, mais accouplés solidement dans le sens horizontal pour assurer la rigidité de l'ensemble.

Dans la remonte du fleuve, les deux parties se séparent et le chaland est simplement remorqué; le vapeur agit avec ses roues à aubes dans les parties ordinaires; dans les rapides, il se porte en avant, s'ancre en amont du rapide et hale le convoi avec son treuil en faisant la manœuvre désignée plus haut sous le nom de portée de maille.

Si le convoi est formé de deux bateaux mixtes, les chalands peuvent être halés sur point fixe d'une manière continue par l'action alternative des deux moteurs.

L'ancre, qui est l'organe spécial de ce système, est formée d'une élinde de grande longueur formant un triangle isocèle embrassant l'avant du bateau et terminée par une grosse patte d'ancre qui prend point d'appui dans le fond du fleuve. Cette élinde doit atteindre 25 mètres de longueur pour servir dans des profondeurs de 12 mètres.

En étudiant en détail les conditions d'un service d'Arles à Lyon par un remorqueur à ancre et son chaland porteur, le poids transporté étant de 350 tonneaux à la descente et 610 à la montée, total 960 par voyage, le prix de la tonne kilométrique descendrait à 0 fr. 0214 sur le Rhône actuel; avec les améliorations du fleuve, le tonnage transporté devenant plus considérable, le prix de la tonne kilométrique descenderait à 0 fr. 019.

Dans le cas d'un chaland porteur et d'un convoi de bateaux de canal on arriverait pour 1,225 tonneaux à 0 fr. 0183 par tonne et par kilomètre sur le Rhône actuel et, dans le cas du fleuve amélioré, à 0 fr. 016.

En étudiant ces diverses combinaisons, l'auteur a été amené à examiner si, en faisant des chalands de 80 mètres de longueur sur 10 de large, pouvant tenir la mer et devant être remorqués en mer par des remorqueurs ordinaires, et sur le Rhône par des remorqueurs à ancre, on n'arriverait pas à faire entre Marseille et Lyon un service plus avantageux qu'avec le transbordement à Arles.

En étudiant ces conditions, on trouve qu'on arrive à un prix de revient du transport direct de Marseille à Lyon de 8 fr. 50 à 9 francs par tonne, prix un peu supérieur à celui du transbordement, ce qui s'explique par la difficulté de maintenir constamment à Arles un approvisionnement de chalands chargés pour parer aux interruptions du service entre Arles et Marseille dues à l'état de la mer, interruptions qu'on peut évaluer à 90 jours par an en moyenne.

Des bateaux porteurs à roues de 90 mètres, transportant 800 tonneaux par voyage, aller et retour, en admettant le chargement complet dans les

deux sens, donneraient un prix de revient entre Marseille et Lyon de 9 fr. 16, soit 0 fr. 025 par tonne kilométrique, tandis que le transport direct entre les mêmes points pour un porteur et un bateau mixte à ancre pourrait être effectué à raison de 7 fr. 90, soit 0 fr. 0212 par tonne kilométrique.

On peut se demander pourquoi le touage n'est pas appliqué sur le Rhône. Cela tient d'abord au changement fréquent de place du chenal navigable avec les crues. M. Moreaux est, de plus, d'avis que le touage n'est pas possible pratiquement, à cause des courbes et du peu de profondeur. Il étudie toutefois l'application du touage dans certaines conditions améliorées et arrive à la conclusion qu'il faudrait, pour arriver à un prix de revient de 0 fr. 022 de la tonne kilométrique, immobiliser tout d'abord un capital de près de 10 millions, tandis qu'on peut arriver à un prix moindre avec les remorqueurs à ancre en ne dépensant que 7 millions.

La considération indiquée plus haut des interruptions du service entre Arles et Marseille par suite de l'état de la mer, a conduit M. Moreaux a examiner la question de la réunion de ces deux points par un canal. On allongerait les écluses actuelles du canal d'Arles à Bouc, et on prolongerait le canal de Bouc à Marseille pour y faire circuler des chalands de 80 à 85 mètres de longueur, avec $1^{m},50$ de tirant d'eau. Ce serait la solution la plus économique du problème. Le prix de transport de la tonne kilométrique entre Marseille et Arles descendrait à 0 fr. 011. Le touage pourrait être appliqué à ce canal, mais à la condition que le trafic actuel serait doublé.

Après un résumé des prix de revient du transport dans les diverses hypothèses indiquées ci-dessus et, pour chacune, dans les deux cas du Rhône actuel et du Rhône supposé amélioré, l'auteur présente ses conclusions, dans lesquelles il revendique comme la solution la plus économique de la question des transports sur le Rhône l'emploi de bateaux mixtes à ancres, véritables porteurs à la descente, qui permettent de séparer le chargement du moteur à la remonte, pour faire de la remorque dans la plus grande partie du parcours et du halage au passage des rapides.

L'avantage de ce système est accessoirement de ne rien avoir à redouter des phénomènes imprévus que pourraient amener les travaux entrepris sur le Rhône; l'augmentation de la vitesse du courant ou du nombre des rapides ne modifierait aucunement les conditions d'application de ce mode de navigation; en outre, l'imprévu est des plus limité, car le principe même du système est emprunté aux grappins actuellement en usage depuis longtemps. Il n'y a guère qu'à augmenter les puissances des appareils et les dimensions des organes dans des limites qui n'ont rien qui dépasse les ressources de la mécanique moderne.

Qu'on partage ou non les idées de M. Moreaux relativement à ce qu'il regarde comme la meilleure solution du problème, on doit constater que le mémoire dont nous avons cherché à donner une idée présente une réunion très complète de documents et de considérations sur les questions relatives à la navigation du Rhône; l'importance du problème et l'intérêt

immense qu'il a pour le commerce et l'industrie du pays au point de vue de la facilité des communications et de l'abaissement des prix de transport recommandent le travail de notre collègue à l'attention des personnes qui s'occupent de cette grave question.

Avantage de l'uniformité dans le matériel roulant des chemins de fer. — M. Chanute a fait à l'*American Society of Civil Engineers* une communication importante pour faire ressortir l'avantage que présente pour l'exploitation des chemins de fer l'emploi de matériel roulant construit sur des types rigoureusement uniformes avec toutes les parties interchangeables.

Il a pris pour exemple ce qui s'est passé au *New-York, Lake Erie and Western Railroad*. Cette ligne n'avait pas, en 1874, moins de quatre-vingt-trois types de locomotives et, si l'on prenait les parties sujettes aux ruptures et nécessitant des pièces de rechange, on trouvait : 70 modèles de cylindres, 14 d'essieux coudés, 17 de cheminées, 41 de portes de boîte à fumée, 71 de boîtes à graisse d'essieu moteur, 42 de ressorts d'essieu moteur, 25 de coulisses de distribution, 32 d'excentriques et ainsi de suite.

Pour les véhicules, au nombre de 17,744 en 1874, il y avait 230 types divers, comprenant 37 modèles de tampons, 19 de plaques de garde, 53 de boîtes à huile, 52 de sabots de freins, etc.

En 1876, au moment où on ramena la voie de $1^m,830$ à $1^m,435$, on se proposa de réduire le matériel roulant à un certain nombre de types. On introduisit alors un nouveau modèle de machines dit *Consolidation*, de puissance double des machines ordinaires américaines, ce qui permit d'augmenter considérablement la charge des trains. Seize de ces machines furent construites sur les mêmes dessins d'exécution par la Compagnie et par deux maisons de construction.

On comptait que toutes ces machines seraient rigoureusement identiques et que les diverses pièces pourraient s'ajuster indifféremment à une quelconque de ces machines. Mais on dut rapidement renoncer à cette illusion lors d'une collision où l'avant d'une machine fut enlevé. On essaya de remplacer les pièces détruites par des rechanges, mais les trous des boulons différaient en diamètre de quelques millimètres, ce qui suffit pour empêcher l'ajustage. On n'avait pas, dans la construction, tenu compte du *coefficient individuel*. On se décida alors à fournir à chaque constructeur des calibres avec des bagues en acier trempé. Il y a 39 de ces calibres, et la ligne possède actuellement 108 machines du type *Consolidation*, dont toutes les pièces sont rigoureusement identiques. Il n'y aura plus désormais que 8 types de locomotives au lieu de 83 en usage en 1874, et on a déjà pu constater l'économie produite par cette modification. De 1870 à 1874, avant ces changements, les réparations des machines coûtaient, en moyenne, 0 fr. 29 par kilomètre de parcours. De 1877 à 1881, la moyenne

des dépenses de réparation est descendue à 0 fr. 135, soit moins de la moitié du chiffre précédent.

Il est juste, toutefois, de faire observer qu'une partie de l'économie ainsi réalisée est due à l'amélioration de la voie par la substitution de rails d'acier aux rails en fer, et aussi à ce que les machines sont, pour la plupart, de construction récente.

Les dépenses de réparation des véhicules sont descendues de 4,025 francs à 2,275 francs par voiture à voyageurs et par an, et de 450 à 225 francs par wagon et par an.

On a, depuis trois ans, beaucoup augmenté le nombre des wagons à marchandises, et les nouveaux wagons ne sont pas encore arrivés à la période normale des réparations.

La question des boulons et écrous entrant dans la construction des wagons est de la plus haute importance pour l'entretien.

La Compagnie avait, dès 1873, adopté en principe les types de pas-de-vis dits des *États-Unis*, et on avait fait un nombre suffisant de types de tarauds et de filières. Mais peu à peu il se produisit des différences de sorte que, finalement, les écrous fabriqués dans un atelier ne s'ajustaient plus aux boulons fabriqués dans un autre atelier. Les diamètres, les pas, les profondeurs de filets, les angles, etc., ne correspondaient plus. La différence dans les diamètres allait jusqu'à 5 pour 100. On dut reprendre les types primitifs et on a trouvé plus économique et plus exact d'acheter des tarauds et filières types chez les constructeurs spéciaux que de les fabriquer dans les ateliers de la Compagnie où de très petites différences dans les reproductions successives avaient fini par amener des divergences suffisantes pour produire des conséquences déplorables.

Déplacement du phare de Sunderland. — Récemment est mort, en Angleterre, à l'âge de 82 ans, un ingénieur, M. John Murray, dont le nom s'était identifié avec un travail qui a été reproduit plusieurs fois depuis, mais qui n'en était pas moins des plus remarquables pour l'époque.

Ce fait étant probablement très oublié aujourd'hui, il nous a paru intéressant de le rappeler.

En 1844, une partie de la jetée nord du port de Sunderland menaçant ruine, on résolut de reconstruire cette jetée à une certaine distance, à l'est de la première. Le phare porté par celle-ci ne devant plus servir, on comptait le démolir, lorsque M. Murray proposa de le déplacer d'une seule pièce et de le transporter à un autre emplacement distant de 135 mètres. Le projet était très hardi pour l'époque, car la construction de 21 mètres de hauteur et 4^m,50 de diamètre à la base ne pesait pas moins de 345 tonnes. De plus, la nouvelle base était de 0^m,50 plus élevée que l'ancienne.

On fit dans le soubassement de la tour un certain nombre d'ouvertures grâce auxquelles on arriva à la faire reposer sur une solide plate-forme en chêne, tandis qu'on l'entourait de la base au faîte d'un échafaudage destiné à la maintenir. La plate-forme reposait sur 144 roues de fonte avec

des boudins comme les roues de chemins de fer portant sur huit files de rails formant une voie. Le 2 août 1841, au matin, commença le déplacement. A mesure de l'avancement on enlevait la voie derrière le phare pour la reporter en avant et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on fût arrivé à l'emplacement définitif. Le mouvement était déterminé par des cabestans sur lesquels s'enroulaient des chaînes de traction.

La partie la plus difficile à franchir fut les huit premiers mètres, pour lesquels il fallut employer 40 hommes pendant sept heures; le reste ne nécessita que 18 hommes et 13 heures et demie. Il fallut en tout un peu plus de 20 heures. Le phare ne cessa pas d'être allumé pendant l'opération de sorte qu'il n'y eut aucune interruption dans son service. Ce travail fit le plus grand honneur à M. Murray et il obtint entre autres récompenses une médaille à l'Exposition de Paris en 1855 pour le modèle exposé par lui des appareils employés pour le déplacement du phare de Sunderland.

Emploi de l'acier doux pour les foyers de locomotives. — M. John Fernie a lu, le 30 janvier de cette année, à l'*Institution of Civil Engineers* une communication sur l'emploi de l'acier doux pour les foyers de locomotives aux États-Unis.

Cet emploi est aujourd'hui très général dans ce pays; il a commencé il y a une dizaine d'années au Pennsylvania Railroad. Le cuivre, exclusivement employé en Europe pour les foyers de locomotives, ne semble pas remplir toutes les conditions désirables; en effet, les tôles formant le foyer et son enveloppe extérieure doivent être de même nature et de plus les tôles des foyers doivent être assez minces pour pouvoir éprouver entre les entretoises une flexion suffisante pour faire compensation à l'excès de dilatation due à la température plus élevée, ce que le cuivre ne permet pas de réaliser. Les foyers en acier, toutes choses égales d'ailleurs, ne pèsent que la moitié des poids des foyers en cuivre, et comme le métal ne coûte que le tiers, il en résulte que les prix d'établissement sont dans le rapport de 1 à 6.

L'auteur indique qu'aux Etats-Unis les chaudières fixes sont soumises à un contrôle municipal; pour les chaudières de locomotives circulant sur des lignes qui s'étendent quelquefois sur le territoire de plusieurs États, il n'y a pas de contrôle officiel; mais la crainte de l'opinion publique suffit pour engager les compagnies à prendre toutes les précautions possibles, car elles auraient à encourir d'énormes dommages et intérêts en cas d'accident dû à des négligences ou à des défauts de construction.

Cette communication a inspiré à un journal, l'*American Engineer*, quelques observations intéressantes.

Les conclusions auxquelles les ingénieurs anglais sont arrivés dans la discussion sur le Mémoire ne lui paraissent pas satisfaisantes. Il est de fait qu'on ne saurait attribuer ces bons résultats obtenus en Amérique à une qualité exceptionnelle de l'acier employé. Si l'on se reporte aux conditions indiquées pour les essais du métal par M. Fernie, résistance à la rupture

35k,5 par millimètre carré et allongement égal ou supérieur à 20 pour 100 sur une longueur égale à 12 fois l'épaisseur, on sera conduit à admettre que, du moment où les ingénieurs se contentent de ces résultats, les fabricants d'acier n'ont pas besoin de se donner grand mal pour faire mieux. Cette qualité d'acier n'a rien d'extraordinaire en Angleterre, non pas pour chaudières de locomotives, mais pour tôles de navires et de ponts.

Si donc on peut obtenir si facilement des qualités d'acier convenables pour les chaudières, pourquoi ne les emploie-t-on pas. Il est probable qu'il y a là, comme pour bien d'autres choses, une question de routine. En Angleterre, l'ingénieur de chemins de fer est, à de rares exceptions près, peu partisan des innovations; un changement dans la construction lui paraît un désagrément sans compensation suffisante. Il serait superflu de chercher les raisons de cette manière de voir, il suffit que tout le monde, sauf un entourage placé sous le charme immédiat, reconnaisse qu'elle existe.

Les deux plus entreprenants (pour ne pas dire les seuls) des *Locomotive superintendents* en Angleterre ont fait, il y a peu de temps, un essai de foyers en acier qui n'a pas été heureux. Ce sont MM. Mac Donnell, du North Eastern, et Webb, du London and North Western.

Le premier a fait l'expérience sur une petite échelle; il a construit trois machines semblables, l'une avec le foyer en cuivre, et les deux autres avec le foyer en acier; de ces deux dernières, l'une avait des tôles américaines, l'autre des tôles anglaises. L'acier américain céda le premier, l'acier anglais vint après, tandis que le cuivre eut une durée plus que double. L'insuccès de l'acier provenait de fentes partant des trous d'entretoises et s'étendant graduellement; M. Mac Donnell semble porté à croire que cet effet tient à ce que les tôles étaient trop épaisses et avaient les entretoises trop rapprochées, de sorte qu'elles ne pouvaient pas se prêter aux contractions et aux dilatations. On peut, à l'appui de cette hypothèse, citer ce fait que l'acier réussit très bien pour les petits foyers des machines locomobiles.

Quant aux essais de M. Webb, il y a là-dessus quelque peu de mystère, comme du reste pour tout ce qui se fait à Crewe, mais on peut croire que l'insuccès est venu de la même cause et peut-être aussi de l'emploi d'acier trop dur. Le peu de résistance à la rupture de l'acier employé et la faible épaisseur des tôles ont évidemment surpris les personnes qui assistaient à la lecture du mémoire de M. Fernie.

En étudiant le remplacement du cuivre par l'acier, les ingénieurs anglais ont obéi à l'idée de conserver les dimensions et les écartements d'entretoises convenables pour le moins résistant des deux métaux, et par là, non seulement ils n'ont point profité des avantages que leur offrait l'emploi de l'acier, mais encore ils ont placé celui-ci dans des conditions défavorables pour sa conservation.

Au contraire, les ingénieurs américains, sous l'empire de nécessités économiques que n'éprouvent pas leurs confrères d'Angleterre, ont été plus hardis et en même temps plus avisés; il en est résulté qu'ils emploient cou-

ramment et en parfaite sécurité des foyers qui ne coûtent pas plus du sixième du prix que la routine anglaise maintient pour les mêmes pièces. On peut dire malgré cela que les jours du cuivre sont comptés même sur les chemins de fer anglais et le mémoire de M. Fernie, avec la discussion qui l'a suivi, aura probablement fortement contribué à l'enterrer.

Moyens de prévenir les abordages en mer. — Les récentes catastrophes de divers paquebots transatlantiques, tels que le *Cimbria*, coulé dans la mer du Nord, et le *City of Brussels* perdu dans les mêmes circonstances tout près de Liverpool, ont attiré de nouveau l'attention publique sur la question si grave des collisions à la mer et des moyens de les prévenir. Ce n'est pas que les propositions manquent. Le docteur Werner Siemens a eu l'excellente idée de rappeler une lettre adressée au *Times*, dès novembre 1878, par le capitaine Trott, commandant le navire télégraphique bien connu, *le Faraday*. Cet officier exposait que, se trouvant sur la côte d'Amérique, par un vent d'ouest et un brouillard épais, il entendit tout à coup le son d'une cloche. Pensant que c'était un bateau de pêche à l'ancre, il fit stopper les machines et, à ce moment même, les puissantes lumières électriques dont le *Faraday* était muni éclairèrent la voilure d'un grand navire suivant une route qui croisait celle du steamer. Cette vue permit au capitaine Trott d'apprécier la direction suivie par le navire étranger, et en faisant immédiatement porter la barre à tribord, mettant la machine de ce côté en marche en avant et la machine de babord en arrière à toute vitesse (le *Faraday* est un steamer à deux hélices), il réussit à éviter de quelques pieds seulement l'abordage.

On peut tirer de ce fait très significatif la conclusion que, pour réduire au minimum les chances de collision, il faudrait mettre sur chaque navire un foyer de lumière capable de traverser sur une certaine épaisseur le brouillard le plus dense. Ce serait une lampe électrique munie d'un réflecteur parabolique avec laquelle on balayerait pour ainsi dire l'horizon, tant que durerait la brume. Le but de cet éclairage n'est pas de remplacer les lumières réglementaires des navires, mais de fournir une ressource supplémentaire, surtout lorsque ces lumières sont incapables de rendre aucun service. Le docteur Siemens considère que la puissance d'un tel foyer avait au moins mille fois celle des feux ordinaires des navires et que, par conséquent, la force de pénétration dans le brouillard serait considérablement supérieure. Pour éviter les chances de confusion avec les feux flottants ou les phares, il serait interdit de se servir de cet éclairage en temps ordinaire. Les dépenses d'installation ne seraient pas élevées, puisqu'on emprunterait la force motrice aux machines des navires, et d'ailleurs de grandes lignes de navigation emploient déjà la lumière électrique. Cet éclairage pourrait rendre de grands services pendant la nuit dans le voisinage des banquises ou des récifs.

Le docteur Siemens n'a pas prévu une objection très naturelle, savoir que, si l'appareil ne doit servir que dans des cas extraordinaires, il y a

beaucoup de chances pour qu'il ne soit pas alors en état de service. On peut obvier à ce danger en faisant des espèces de répétitions à intervalles réguliers, comme on le fait pour le service d'incendie ou pour la mise à l'eau des embarcations. En somme, il y a là quelque chose à faire, mais il est probable qu'on dépensera beaucoup de temps et d'argent avant que la pratique adopte ce système.

On a proposé, dans une lettre adressée récemment au *Times*, quelque chose qui n'impliquerait pas l'emploi de nouveaux engins. Les règlements obligent actuellement les navires à faire sonner une cloche en temps de brouillard. Le tintement continu ne peut qu'indiquer grossièrement la position du navire. On propose de régler le tintement de manière à faire connaître le sens de la marche du navire. Il serait facile d'employer l'alphabet Morse en assimilant les tintements aux traits et les silences aux points; on pourrait au besoin inventer un autre code. Ces indications permettraient au commandant d'un navire de connaître le voisinage d'un autre navire, mais encore la route que suit ce navire et de prendre ses mesures en conséquence. On pourrait même faire donner par les mêmes signaux acoustiques les commandements à la barre, de sorte que les navires voisins auraient réciproquement connaissance de leurs manœuvres. Il suffirait même peut être d'un signal par la cloche indiquant que le navire change sa route primitive pour prévenir l'autre et empêcher les collisions qui presque toujours proviennent de cette cause.

Origine des moteurs à gaz. — Nous avons indiqué dans la chronique de mars, page 453, la part attribuée à de Rivaz dans l'invention des moteurs à gaz. Nous avons eu la curiosité d'examiner le brevet délivré à cet inventeur, lequel est déposé au Conservatoire des Arts et métiers.

Ce brevet est daté du 30 janvier 1807; il est délivré pour une machine dont le principe moteur est l'explosion des gaz et autres subtances aériformes et pour quinze années.

L'inventeur, Isaac de Rivaz, ancien major au service de la République du Valais, habitant à Sion, dans sa première demande datée du 16 mai 1805, expose longuement l'expérience que nous avons décrite précédemment et ajoute qu'il n'est pas mécanicien et encore moins machiniste ou artiste, et qu'en conséquence il se borne à revendiquer le principe de l'emploi comme moteur d'un mélange détonant; sans décrire aucun mécanisme qui lui soit propre ou qui puisse constituer une invention, il se borne à expliquer l'appareil qui a servi à ses expériences.

Le bureau consultatif refusa catégoriquement de délivrer le brevet sous prétexte que la demande était conçue en termes trop généraux et trop vagues.

Là-dessus, de Rivaz ne se tint pas pour battu et engagea avec le bureau consultatif une polémique très vive; dans une pétition adressée au comte de Champagny, ministre de l'intérieur, se qualifiant de « militaire valaisan, vivant au centre des montagnes, sans communication avec les hommes que

pour l'avancement des sciences qu'il cultive, mais pénétré de la plus entière soumission aux intentions du prince auguste dont M. de Champagny est le ministre, » il proteste énergiquement contre la prétention du bureau consultatif de l'obliger à enfermer son invention dans des formes matérielles. Après un échange de rapports et de notes, le bureau consultatif finit, à la date du 4 septembre 1808, par autoriser la délivrance du brevet, mais seulement pour la manière dont l'inventeur se sert de la déflagration du gaz inflammable à l'effet d'imprimer le mouvement à diverses machines. En marge figure la mention : «A publier en abrégeant le plus possible. » Il est probable que les notices qui ont parlé de de Rivaz se sont bornées à reproduire la description très abrégée donnée dans la publication des brevets, laquelle n'a eu lieu qu'en 1824; mais nous ne savons où a été prise l'indication que l'inventeur aurait appliqué son appareil à une petite locomotive, indication donnée par Stuart.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

FÉVRIER 1883.

Rapport de M. Félix Le Blanc **sur les becs intensifs de la Compagnie Parisienne du Gaz.** — On sait que ces becs, créés pour obtenir avec le gaz des résultats analogues à ceux de l'éclairage de l'Avenue de l'Opéra avec les bougies Jablochkoff, ont été d'abord établis rue du Quatre-Septembre et sont maintenant beaucoup plus répandus.

Le brûleur comporte six becs papillons à fente de 6/10 de millimètre, disposés en un cercle de $0^m,15$ de diamètre, les fentes étant dirigées suivant les tangentes à ce cercle. Deux coupes en cristal, placées inférieurement aux brûleurs, déterminent deux courants d'air, l'un intérieur, l'autre extérieur à la couronne de flammes. Il y a, de plus, un bec central qui peut brûler seul; un robinet à trois voies permet d'obtenir l'éclairage total ou l'éclairage restreint, ce dernier servant dans la seconde partie de la nuit.

Ces appareils dépensent en moyenne 1,400 litres de gaz à l'heure, en donnant une lumière de treize carcels à peu près; le rendement lumineux

est donc de 107 litres par carcel, tandis que pour les becs ordinaires de ville il n'est que de 127.

Rapport de M. Félix Le Blanc **sur les becs intensifs à récupération de chaleur**, de M. Frédéric Siemens (de Dresde). — Ces becs ont été l'objet d'une communication de M. Cornuault à la Société des Ingénieurs civils, dans la séance du 21 janvier 1881.

Rapport de M. Bertin **sur les inventions de M. J. Dubosc.** — M. Dubosc a considérablement développé la partie expérimentale de l'optique, et on peut le considérer comme le créateur de l'optique théâtrale, notamment de l'application de la lumière électrique aux représentations dramatiques.

Conférence sur l'action de l'oxygène sur les microbes et le rôle hygiénique de l'air, faite à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, le 18 décembre 1882, par M. Duclaux, maître de conférences à la Sorbonne.

Œuvres complètes de Benjamin Thompson, comte de Rumford, publiées par l'Académie des Arts et des Sciences de Boston, par M. J.-B. Dumas. (*Suite et fin.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

FÉVRIER 1883.

Fondation à l'air comprimé d'un pont sur la Garonne à Marmande par M. Séjourné, ingénieur des ponts et chaussées.

Le pont dont il s'agit, qui franchit la Garonne à 1,500 mètres en aval de Marmande pour porter le chemin de fer de Marmande à Mont-de-Marsan, est en maçonnerie; il a 682 mètres de longueur, comprenant 5 arches de 36 mètres, 16 arches de 26 mètres sur la rive gauche, et 4 semblables sur la rive droite. Il y a donc en tout 25 arches et 26 fondations.

Les quatre piles et les deux culées du grand pont ont été foncées sur caissons métalliques, avec hausses; les douze premières piles du viaduc de la rive gauche et de la culée du viaduc de la rive droite sur caissons métalliques sans hausses, et enfin les trois dernières piles et la culée du viaduc de la rive gauche ainsi que les trois piles de celui de la rive droite, sur chambres de travail constituées par une voûte en maçonnerie, reposant sur un rouet,

Le mémoire décrit les travaux de fondation à l'air comprimé des six fondations du grand pont et des seize fondations du viaduc, représentant un cube au-dessous de l'étiage de 9,129 mètres cubes et une dépense de 661,441 francs.

Le sol solide était du tuf recouvert d'alluvions récentes (galets, graviers, sable) sur une épaisseur variant de $0^m,30$ à $9^m,80$. Avec un encastrement de 2 à 3 mètres dans le tuf, on devait compter sur une profondeur de fondation de 9 à 10 mètres au-dessous du niveau moyen des basses eaux.

Pour les piles et culées du grand pont et les douze premières piles du viaduc de Canadera, on a employé des caissons ordinaires en tôle, et pour les autres piles des voûtes en maçonnerie dont les retombées s'appuient sur un rouet en tôle.

Ce dernier système a été appliqué pour la première fois en Allemagne en 1876, pour la fondation d'un grand pont sur l'Elbe. Chaque fondation y repose sur deux puits circulaires réunis par une voûte à leur partie supérieure; les chambres de travail des puits sont formées d'armatures sur lesquelles les maçonneries reposent directement et sans interposition d'enveloppe en tôle; il y a simplement à la base un tranchant relié à une tôle plane formant rouet, sur lequel sont boulonnées trois couronnes de madriers bien calfatés. On établit là-dessus la chambre de travail en briques, l'expérience ayant indiqué qu'une voûte en maçonnerie de briques, soigneusement rejointoyée et de $0^m,57$ d'épaisseur, est étanche à l'air comprimé sous une pression de 14 mètres.

A Marmande, pour la culée de Casteljaloux, on a employé un rouet rectangulaire sans inconvénient.

L'air comprimé était fourni par quatre compresseurs Colladon dont trois de $0^m,46$ de diamètre et $0^m,60$ de course et un de $0^m,29$ et $0^m,38$.

Les travaux ont été exécutés par MM. Varigard et Mortier, entrepreneurs à Alleins, Bouches-du-Rhône, adjudicataires à 19 pour 100 de rabais.

Le mémoire se termine par des renseignements statistiques sur 82 ponts fondés à l'air comprimé.

MARS 1883.

Note sur la **mesure des vitesses et des débits** dans un cours d'eau rapide et profond, par M. H. DE LAGRENÉ, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

C'est une analyse abrégée de l'ouvrage publié en allemand par M. Harlacher, professeur à l'École polytechnique de Prague. L'appareil employé est le moulinet, mais il y a des dispositifs intéressants pour les rapports et pour le comptage du nombre de tours, ainsi que l'emploi de compteurs électriques et d'appareils à enregistrement graphique.

Notice sur un **nouveau système de roue hydraulique en des-**

sus, à mouvement direct par M. Duponchel, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce système, employé à la distribution d'eau de la ville de Cette, consiste en une roue hydraulique en fer et tôle, emboîtée sur la surface postérieure par un coursier continu, en tôle dans la partie supérieure, en maçonnerie dans la partie inférieure. Cette roue actionne directement deux pompes horizontales à course variable. La chute est de $3^m,115$, le débit d'eau de 648 litres par seconde. Le volume d'eau élevé en deux heures à 38 mètres par seconde mesurés au manomètre étant de 246,093 litres, le rendement ressort à 0,635; si l'on admet de 0,70 à 0,75 d'effet utile pour les pompes, le rendement de la roue serait de 0,91 à 0,85, soit en moyenne 0,88.

L'auteur a fait pour Béziers un projet comportant deux roues superposées utilisant une chute de 15 mètres, ces deux roues ayant un mouvement angulaire égal, mais inverse et agissant sur la tige de la même pompe.

Étude des **charges roulantes sur les ponts métalliques**, par M. Resal, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur prend pour coefficient de rigidité l'expression $\frac{L}{\sqrt{F}}$ dans laquelle L est la portée et F l'abaissement du milieu de la travée sous l'influence de la charge permanente et de la surcharge d'épreuve, c'est-à-dire la distance verticale parcourue par le milieu du tablier, depuis le moment où le métal n'était encore soumis à aucun travail (pont sur cintre) jusqu'au moment où il a subi le travail maximum (avec la surcharge). Plus la valeur de cette expression est élevée, moins l'ouvrage est sensible à l'influence de la charge roulante, et réciproquement.

D'autre part la durée d'une vibration complète du pont est, en négligeant l'effet de la force centrifuge $\tau = 2\sqrt{F}$.

On trouve que le coefficient de rigidité des poutres droites ne dépend que du travail qu'on fait faire au métal et de la hauteur de la poutre. On trouve également que plus l'ouverture est faible, plus l'influence des charges roulantes se fait sentir; aussi pour tous les ponts de plus de vingt mètres d'ouverture, le travail dynamique diffère-t-il peu du travail statique dû à la surcharge, tandis qu'il n'en est pas de même des petits ouvrages qui n'ont généralement que de faibles hauteurs.

En appliquant le calcul à un rail à double champignon ordinaire, pour un mètre d'écartement entre traverses et 13 tonnes de charge, on trouve que le travail dynamique surpassé de 88 pour 100 le travail statique et atteint $15^k,78$ par millimètre carré.

Pour les ponts en arc, on reconnaît qu'ils sont d'autant moins sensibles à l'effet des charges roulantes :

1° Que le travail statique du métal est plus faible;

2° Que l'ouverture est plus grande;

3° Que l'arc est moins surbaissé.

Comme les arcs ne s'emploient en général que pour des ouvertures assez grandes, la différence entre le travail dynamique et le travail statique n'est pas bien importante.

Le mémoire contient deux tableaux où sont reproduits les données et les résultats du calcul pour un certain nombre de ponts à poutres droites, à arcs et suspendus.

ANNALES DES MINES

5e *livraison de* 1882.

Mémoire sur l'**exploration des gîtes de combustibles** de l'Indo-Chine, par M. E. Fuchs, ingénieur en chef des Mines, avec la collaboration de M. E. Saladin, ingénieur civil des Mines.

Ce mémoire très considérable comprend une esquisse géologique de l'Indo-Chine, la description particulière des gîtes de charbon, le cubage de ces gîtes, les analyses et essais des combustibles pour reconnaître leur valeur industrielle; une étude technique pour la mise en valeur des bassins houillers et une statistique du marché des charbons dans l'extrême Orient. Cette dernière fournit des renseignements très intéressants. Ainsi on y trouve indiqué que Singapour a consommé, en 1880, 170,000 tonnes de charbon dont 168,000 venant d'Angleterre, Saïgon 20,000 tonnes venant en majeure partie de France et d'Australie, Shang-Haï 184,000 tonnes, dont 160,000 provenant du Japon et enfin Hong-Kong 120,000 tonnes sans indication d'origine.

Les charbons anglais reviennent à 50 francs à Singapour, et 55 francs à Shang-Haï; les briquettes françaises reviennent à 70 francs à Saïgon; les charbons d'Australie y coûtent 55 francs la tonne. Les charbons du Tong-King pouvant être obtenus sous vergues dans la baie de Hon-Gac à 15 à 18 francs la tonne feraient une concurrence très avantageuse aux charbons anglais et australiens dans presque tous les ports ci-dessus.

Le mémoire étudie ensuite les gisements de minerai de fer de Ph'nom-Deck et les moyens de le mettre en valeur.

Actuellement les indigènes procèdent par une méthode analogue à la méthode catalane, mais divisée en deux opérations. 1° La fabrication de l'éponge de fer par réduction du minerai et 2° l'élaboration de l'éponge de fer et sa transformation en petites barres martelées.

L'abondance et la portée exceptionnelles de ces minerais les destinent

tout naturellement à être transformés en produits aciéreux par le procédé Bessemer; l'usine à fonte serait établie au Cambodge même et l'usine Bessemer à Saïgon.

Examen de la flore fossile et des **couches du charbon du Tong-King**, par M. R. ZEILLER, ingénieur des mines.

Note sur les **appareils de sûreté Leblanc et Loiseau**, par M. BROSSARD DE CORBIGNY, ingénieur en chef des mines.

Ces appareils, qui ont été expérimentés en 1881-82 près de Tours, sur le réseau de l'État, ont pour objet de faire donner par les trains eux-mêmes les signaux indiquant leur situation sur la ligne; les appareils se composent d'une pédale, d'une transmission électrique et d'un récepteur. La pédale est la partie essentielle du système. C'est une pièce que la première roue des trains abaisse et qui échappe au choc des autres roues; cette pièce produit par son mouvement le gonflement d'un soufflet sous l'action d'un ressort; le levier revient à sa position primitive avec le dégonflement progressif du soufflet dont l'air s'échappe par un très petit orifice; le déplacement du levier donne lieu à la transmission d'un courant électrique produisant un signal d'avertissement.

On a également fait des essais sur le réseau de Lyon avec quelques modifications.

Les récepteurs sont des avertisseurs de passage à niveaux ou des compteurs kilométriques. Ces derniers établis aux stations et mis en rapport électriquement avec des pédales espacées de kilomètre en kilomètre indiquent à chaque instant la position du train. Le rapport indique que ces appareils, très simples de construction et de fonctionnement, paraissent bien atteindre le but que se sont proposé les inventeurs.

Étude sur l'**action des freins**, par M. SEGUELA, inspecteur au chemin de fer du Nord.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU NORD. — RÉUNION A DOUAI, 17 DÉCEMBRE 1882.

Communication de M. BRETON **sur les travaux du tunnel sous-marin**, partie française. — Depuis le mois de septembre, la machine perforatrice du colonel Beaumont fonctionne régulièrement, et l'avance-

ment qui n'avait été que de 2m,30 par jour de marche, en juillet, a été de 11m,55 par jour en novembre et de 13m,38 en décembre.

Le plus grand avancement qui ait été fait par jour est de 19 mètres, correspondant à un enlèvement de déblai de 95 mètres cubes.

La longueur de la galerie d'études était, le 16 décembre, de 880 mètres, dont 723 mètres faits à la machine Beaumont. Le diamètre de cette galerie, parfaitement circulaire, est de 2m,13. Un personnel de 29 ouvriers suffit à toutes les opérations de jour et de nuit, y compris les réparations et l'entretien du matériel.

On espère arriver à 1 mètre d'avancement par heure, ce qui correspondra à 6 kilomètres par an, la machine faisant normalement par minute trois tours, dont chacun creuse 1 centimètre.

Communication de M. Delmiche **sur le creusement du puits de Drocourt.**

Communication de M. Humblot **sur quelques appareils automoteurs pour transbordements souterrains.**

Communication de M. Dessailly **sur les plans inclinés à corde sans fin** des mines de Lievin.

Communication de M. Marsaut **sur sa lampe de sûreté.** — L'auteur expose que, jusqu'ici, la lampe Museler n'avait paru être en défaut qu'en présence des courants détonants obliques animés d'une forte vitesse, et qu'on la considérait comme tout à fait sûre dans un milieu explosible stagnant, étant donné que, dans ce cas, elle avait la propriété de s'éteindre. Mais il semble résulter d'expériences récentes que, dans un mélange explosible à l'état de repos, l'explosion intérieure communique à peu près 1 fois sur 100, et même quelquefois 5 fois sur 100, l'explosion au dehors.

Cette découverte est assurément inquiétante et explique l'accident de Champagnac.

Ce sont ces observations qui ont engagé M. Marsaut à perfectionner son essai par la substitution du deuxième tamis intérieur au diaphragme horizontal. Ce nouveau modèle a résisté à plus de 6,000 épreuves dans des conditions où tous les autres types se sont trouvés en défaut.

Communication de M. Garienot **sur une porte de foyer-fumivore.** — C'est une porte munie d'une ouverture à clapet, lequel se referme progressivement après le chargement sous l'action d'une sorte de cataracte à mercure,

La note indique qu'on a réalisé une fumivorité complète avec une économie de 12 à 20 pour 100 pour les charbons gras, et de 7 à 12 pour les demi-gras et maigres.

Communication de M. C. Mathieu **sur une fermeture électrique**

pour lampe de sûreté. — Le retrait du verrou qui empêche l'ouverture de la lampe se fait par l'effet d'un électro-aimant, agissant à travers le fond; il suffit de poser la lampe sur une embase tenant à une boîte en bois contenant les électro-aimants et une pile de huit éléments.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE, 3 MARS 1883.

Communication de M. BRUSTLEIN **sur les gaz contenus dans l'acier.** — L'auteur croit pouvoir conclure d'un grand nombre d'observations que, à la température ordinaire, le fer et l'acier peuvent s'allier à l'hydrogène naissant, qu'à une température plus élevée, correspondant au rouge, cet alliage se défait, tandis qu'à une température encore plus élevée, celle de la fusion de l'acier, le métal s'allie de nouveau à l'hydrogène avec plus ou moins d'énergie.

Communication de M. CASTEL **sur les chaînes d'attelage sur les plans inclinés.** — L'auteur émet le vœu de voir étudier sérieusement la question de résistance des chaînes employées à la traction des bennes sur certains plans inclinés, chaînes qui éprouvent de fréquentes ruptures en causant des blessures et même en tuant quelquefois des ouvriers.

Communication de M. BARETTA **sur le Traité de géologie de M. de Lapparent.**

Communication de M. BARETTA **sur le tirage des coups de mine à la chaux.** — Ce procédé, employé depuis plus de deux ans en Angleterre, consiste à mettre dans le trou de mine une cartouche de chaux vive et à la mouiller ensuite; le foisonnement de la chaux et la production de la vapeur par la chaleur dégagée produisent un effort suffisant pour l'abatage de la houille.

Ce système, déjà pratiqué dans plusieurs houillères anglaises, a été expérimenté aux charbonnages du Hasard, en Belgique; on a obtenu des résultats très satisfaisants. Les expériences se poursuivent en Angleterre, en Belgique, en Allemagne et même, paraît-il, en France, aux mines de Trélys, dans le Gard.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

3e LIVRAISON DE 1883.

Essai calorimétrique sur les machines à vapeur, par M. F. Grashof.

Nouveau système de chauffage des chaudières à vapeur au point de vue de la fumivorité, par M. C. Bach.

Machines élévatoires à deux cylindres des eaux de Stuttgard, par M. G. Kuhn.

Éclairage électrique du Savoy-Theatre, à Londres, et du Stadt-Theatre, à Brünn, par M. Paul Jordan.

Utilisation des matières fécales pour la fabrication des engrais et des sels ammoniacaux par les procédés de la maison Buhl et Keller, à Fribourg en Brisgau, par le docteur G. Engler.

Rupture de câble à la mine Prince Hardenberg, par M. F. Peters.

Du colmatage, par M. E. Reyer.

Préparation du charbon.

Littérature. — Étude sur les chemins de fer d'intérêt local, principalement à voie réduite, par W. Hostmann et R Koch.

Correspondance. — Transport par câbles aériens et chemins de fer à crémaillère.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

ıal

2.2

F

F

4.40

ıe à g

Fig.

...ue à go...

... longi...

...0065. p.m.

22,7...

Fig. 13

...ers

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1883

N° 5

Pendant le mois de mai la Société a traité les questions suivantes :

1° *Décès de M. Pélegrin*, notice par M. Paul Jean (Séance du 4 mai, page 599.)

2° *Voie de tramway, ligne de Cambrai à Catillon*, par M. Rey (Séance du 4 mai, pages 600 et 662.)

3° *Ports de commerce de l'Europe septentrionale* (analyse du rapport de MM. Plocq et Laroche sur les), par M. Douau (Séance du 4 mai, page 604.)

4° *Chemin de fer métropolitain dans Paris*, lettre de M. Haag (Séance du 18 mai, page 614.)

5° *Ascenseurs hydrauliques pour bateaux*, analyse du mémoire de M. Harrand, par M. Badois (Séance du 18 mai, page 617.)

6° *Paquebot la « Normandie »* (Séance du 18 mai, page 635.)

Pendant le mois de mai, la Société a reçu :

De M. Kessler, membre de la Société, une note sur un procédé de *durcissement des pierres calcaires tendres au moyen des flussilicates à base d'oxydes insolubles.*

De M. Jacqmin Albert, membre de la Société, un exemplaire de son

Étude sur les gares de triage aux voies de manœuvres incinées (*Triage par la gravité*).

De M. Piccoli, membre de la Société, une note sur la question du *Feu dans les théâtres*.

De M. Boutigny, d'Évreux, un exemplaire de ses études sur les *Corps à l'état sphéroïdal*.

De MM. Émile Lemoine et Henri Flament, membres de la Société, un exemplaire de leur rapport sur les procédés de *Meunerie de M. Saint-Riquier*.

De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire de son volume intitulé la *Sécurité dans les chemins de fer*.

De M. Ferdinand Mathias, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur les *Nouveaux ateliers de la Compagnie du chemin de fer du Nord à Hellemmes-Lille*.

De M. Deperais, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur un *Nouveau traitement des cadavres ayant pour but la destruction des germes contagieux qu'ils peuvent contenir*.

De M. Méeus, membre de la Société, un exemplaire de son *Mémento de l'ingénieur et du constructeur*.

De M. Hospitalier, ingénieur, un exemplaire de son *Formulaire pratique de l'Électricien*.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Aulanier,	présenté par	MM. Clémandot, Delaporte et Marché.
Baère (de),	—	Bartissol, Cotard et Guillemant.
Blaise,	—	Chapron, Émile Trélat et Wurgler.
Coville,	—	Douau, Marmiesse et Marché.
Giraudeau,	—	Clémandot, Lenique et Seyrig.
Janet,	—	De Coene, Marché et Mallet.
Lentz,	—	De Comberousse, Gottschalk et Reymond.
Maigret,	—	De Comberousse, Gottschalk et Reymond.
Perregaux,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Schwartzweber,	—	Berthon, Franck de Préaumont et Marché.
Thareau,	—	Douau, Dufreney et Mallet.

Comme Membre associé :

M. Bert, présenté par MM. De Coene, Douau et Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1883

Séance du 4 Mai 1883.

Présidence de M. Martin, *Vice-Président*.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 avril est adopté.

M. le Président annonce le décès de notre collègue M. Pélegrin, et donne lecture de la notice nécrologique suivante, qui nous est envoyée par notre collègue M. Paul Jean.

Pélegrin Henri, élève de l'École centrale, promotion 1862, né à Bollène (Vaucluse) en 1841, d'une famille de filateurs de soie, dont plusieurs membres s'occupèrent des premiers (dans le midi de la France) de l'importation des graines étrangères pour les vers à soie; il fut, dès son enfance, initié à l'industrie et aux lointains voyages pour lesquels il devait avoir une véritable passion.

Il commença ses études au lycée de Tournon (Ardèche) puis entra à l'École centrale en 1859, après avoir complété son instruction préparatoire à Paris, à l'institution Jauffret. Par goût, il choisit la spécialité des chimistes, et cependant ses aptitudes étaient si variées que, dès sa sortie de l'école, il débuta par un travail de mécanique en partant en Portugal installer une huilerie hydraulique aux environs de Porto, où il dut seul et avec les moyens les plus primitifs exécuter le travail qui lui avait été confié par l'entremise d'un oncle, comme lui sorti de l'École centrale, et comme lui possédé du besoin des voyages.

Pélegrin était avant tout un esprit réfléchi, calme, énergique, une grande intelligence aux connaissances étendues et variées, ne laissant rien au hasard et sachant toujours atteindre le but qu'il s'était proposé, quelles que soient les faibles ressources dont il pouvait disposer là où le champ de son activité avait à s'exercer, dans des contrées presque toutes dépourvues de tous moyens industriels.

C'est ainsi qu'il fonda successivement les usines à gaz de Shang-Haï

(Chine) de Yokohama et de Tokio (Japon), où il résida quatorze années et devint ingénieur conseil du gouvernement japonais.

Rentré en Europe, après avoir fait plusieurs fois le tour du monde, il devint directeur du gaz de Malaga (Espagne) qu'il quitta pour aller à Haïti exploiter une immense forêt de bois de campêche destinée plus tard à devenir une plantation de cannes à sucre et à permettre l'établissement d'une sucrerie coloniale.

C'est là que la mort le surprit au milieu de ses travaux ; le 25 décembre 1882, il fut, en moins de trois jours, enlevé par un accès pernicieux, presque sans avoir été malade ; lui si prévoyant, si rangé, et qui se flattait de ne pas avoir eu à payer le tribut à l'acclimatation.

Son retour nous était annoncé comme très prochain ; ses parents, ses amis perdent en lui un grand cœur, une amitié solide, l'École un de ses plus dignes élèves, et la patrie un Français qui sut la faire connaître, estimer et respecter dans l'extrême Orient; puissions-nous lui trouver de dignes successeurs, dont notre politique coloniale a tant besoin, en particulier au Tonkin, où Pélegrin, par sa grande expérience de ces pays, eût pu rendre de signalés services.

M. le Président adresse ses remerciements à M. Paul Jean pour l'obligeance qu'il a mise à nous faire connaître les travaux de notre collègue.

M. le Président annonce que la Société a reçu des cartes d'invitation pour le meeting de l'*Iron and Steel Institute* qui doit avoir lieu, à Londres, les 9, 10 et 11 mai.

Il annonce également que M. Brüll vient d'être nommé membre d'une commission chargée d'étudier l'utilisation de la force hydraulique de la *Reuss*.

M. Brüll veut bien reporter à la Société des Ingénieurs civils l'honneur qui lui est fait, en cette circonstance, par la république de Neuchâtel.

M. L. Rey a la parole pour sa communication sur une nouvelle voie de tramway établie sur la ligne de Cambrai à Catillon. (Cette communication sera insérée *in extenso* dans le prochain Bulletin.)

M. Rey passe d'abord en revue les inconvénients auxquels donnent lieu les voies ordinaires de tramways, difficulté d'entretoisement, peu de solidité du rebord intérieur du rail, peu de profondeur de l'ornière, difficulté d'assemblage des barres les unes avec les autres, diminution de largeur de l'ornière dans les courbes ; ces divers inconvénients sont supprimés ou du moins fortement atténués dans la voie que présente M. Rey ; elle est formée de quatre files de rails, boulonnés deux à deux sur des coussinets en fonte qui sont eux-mêmes fixés sur des traverses ; le rail et le contre-rail, de section identique, pèsent chacun 18 kilos, et offrent par suite une résistance égale au passage transversal des véhicules étrangers ; les barres sont solidement éclissées les unes avec les autres comme dans les voies ordinaires de chemins de fer, et présentent, par suite, une continuité parfaite. Enfin, cette voie, posée depuis plus de deux ans sur la route nationale n° 39, partout où la voie emprunte le sol de la chaussée, s'est parfaitement comportée,

aussi bien sous le passage des trains remorqués par des locomotives de 15 tonnes à 3 essieux couplés, que sous l'action des lourds chariots de betteraves qui circulent en abondance dans cette contrée.

M. Mallet demande quelle est la largeur de l'ornière qui lui paraît, dans le modèle présenté, plus considérable que celle actuellement tolérée pour les rails de tramways en service dans les villes.

M. L. Rey répond que la largeur de l'ornière en ligne droite est de 29 millimètres; mais elle est portée, dans les courbes, à 35 millimètres ce qui est autorisé par le cahier des charges de la Compagnie; le modèle présenté comporte un coussinet correspondant à la pose en courbe avec ornière de 35 millimètres.

M. Quéruel a compris, d'après la communication de M. Rey, que cette voie a bien résisté au passage des chariots de betteraves dont la structure est élastique et le poids modéré; mais il doute que cette même voie offre une résistance suffisante pour supporter le passage transversal des lourdes voitures de pierres qui circulent dans les villes, chariots rigides à roulement brutal dont le poids qui atteint jusqu'à 15 et 16 tonnes ne tarderont pas à compromettre la voie. Il demande quelle est la distance des traverses.

M. L. Rey répond que, dans le plan de pose adopté, la distance des traverses est de $0^m,810$, d'axe en axe. Cette voie est posée devant des sucreries, et a, par suite, à subir les efforts transversaux provenant des chariots de betteraves dont le poids n'est pas aussi faible que M. Quéruel veut bien le dire; en effet, leur attelage représente, à peu de chose près, celui qui sert à traîner les charrettes de pierres dont a parlé M. Quéruel.

M. L. Rey ajoute que la compagnie des Omnibus de Paris, après une étude approfondie de la question et des différents systèmes de voie, fait l'essai d'une voie avec rail et contre-rail posés sur coussinets et traverses; elle ne craint pas de soumettre ces rails, avec un espacement de traverses plus considérable que sur la ligne Cambrai-Catillon, au passage de ces lourdes charrettes, dans les rues les plus fréquentées de Paris.

M. Edmond Roy se demande, en présence de la quantité énorme de matière accumulée dans la voie qui nous est présentée et destinée à supporter une charge seulement de 5 tonnes par essieu, s'il est vraiment logique de chercher à construire des chemins de fer économiques en empruntant le sol des routes ordinaires; M. Roy croit au contraire que c'est un non-sens; chaque rail pèse ainsi, sans le coussinet, 36 kilogrammes; on a de plus l'inconvénient d'une détérioration rapide sous le passage des véhicules étrangers, et la voie arrive à coûter, tant comme dépense de premier établissement que comme frais d'entretien, deux ou trois fois plus qu'elle ne coûterait, si elle était posée en plein champ, avec rails saillants.

Au point de vue de la résistance au passage des lourdes charges, M. Roy ne voit pas la nécessité d'un contre-rail pesant 18 kilogrammes comme le rail, et qui n'est relié à celui-ci que sur chaque traverse, c'est-à-dire à des distances de $0^m,810$; il pense que l'on peut avoir un contre-rail plus léger, mais entretoisé avec le rail principal en un nombre de points suffisants

pour ne former plus qu'un avec lui, de façon que les deux pièces puissent résister simultanément aux efforts transversaux. Malgré cela, M. Roy pense que la nécessité du contre-rail est la condamnation économique du système, et cela prouve que ce n'est pas sur les routes que ces chemins doivent être placés.

M. L. Rey fait remarquer que, en général, la voie est placée sur l'accotement de la route, avec un rail saillant, la voie à ornières n'est employée que dans les traversées de villages. Même dans ce cas, le poids de la voie par mètre courant n'est pas aussi exagéré qu'on pourrait le penser; il ne dépasse pas sensiblement celui des voies posées à Paris, rue de Maubeuge ou rue de Rome.

M. Roy n'admet pas, en principe, qu'un chemin de fer placé sur l'accotement d'une route ne soit pas exposé aux efforts transversaux provenant des véhicules étrangers; ceux-ci peuvent, au contraire, traverser la voie en un point quelconque et détériorer les rails saillants. Quant à la partie de voie posée dans les rues des villages ou des villes, M. Roy conteste la solidité du rail qui nous est présenté, sous le passage des lourdes charges, par ce fait qu'il n'est soutenu que de distance en distance par des traverses; ce mode de support lui paraît tout à fait insuffisant pour empêcher le rail de ployer, et les barres soutenues sur toute leur longueur, comme sont les voies ordinaires de tramways posées sur longrines, lui semblent beaucoup plus rationnelles. Enfin, le double rail, avec vide au milieu, crée dans le pavage une saignée par où l'eau pénètre et se répand sous la voie; le tassement des pavés se produit entre les traverses, tandis que ceux qui sont posés sur celles-ci conservent leur niveau primitif, et produisent dans la chaussée des irrégularités extrêmement fâcheuses.

M. L. Rey, répondant à la première observation de M. Roy, fait observer que le passage de la route dans les champs et inversement, ne se fait pas en un point quelconque, comme il vient d'être dit : d'abord l'accotement est accompagné, du côté de la route, d'une bordure en pierre qui le protège contre l'accès des véhicules étrangers; ensuite, cet accotement est séparé des champs par un fossé, ou bien, par suite du nivellement de la chaussée, ne se trouve pas exactement au même niveau que le terrain avoisinant; les véhicules qui traversent la voie ne sont admis à le faire qu'en des points déterminés, où la voie est alors pourvue de contre-rails, qui constituent un véritable passage à niveau.

Quant aux charges que les rails peuvent supporter, M. L. Rey fait remarquer de nouveau que ceux qui sont posés depuis deux ans ont parfaitement résisté au service qui leur est imposé, et que la voie actuellement essayée par la compagnie des Omnibus comporte des écartements de traverses plus considérables, avec un rail offrant une moins grande résistance, tant dans le sens horizontal que dans le sens vertical.

Enfin, relativement à la pose sur traverses, M. Rey dit qu'un certain nombre de voies de tramways, telles que celles des tramways-nord, à Paris, sont en réalité sur traverses, puisque celles-ci existent sous les longrines.

D'ailleurs, l'essai tenté par la compagnie des Omnibus prouve que la pose sur longrines ne donne pas toute la satisfaction voulue.

M. E. Roy dit que le type de voie présenté n'est du reste qu'une copie de la voie Marsillon posée depuis des années dans la ville de Lille, moins l'entretoisement rationnel du rail et du contre-rail, il croit qu'avec les voies sur longrines, les traverses et l'entretoisement en général, ne sont pas indispensables; en effet, la compagnie des Omnibus a des voies sans entretoisement, et cela grâce à la suppression des boudins des deux roues d'un même côté du véhicule; cette suppression, comme l'expérience l'a démontré, est très pratique, et M. Roy espère bientôt prouver que les machines même peuvent passer dans les voies à ornières avec les boudins supprimés d'un côté.

M. Quéruel ajoute que la compagnie des Omnibus tire un très bon parti de l'existence des boudins d'un seul côté de la voiture : aux points de bifurcation où deux lignes se rencontrent, l'une des lignes a les voitures avec boudins à droite, l'autre avec boudins à gauche, ce qui supprime l'aiguillage.

M. L. Rey croit que la suppression des boudins d'un même côté a pour effet de diriger moins bien la voiture, et de mettre en jeu le frottement latéral de la face intérieure des roues contre le rebord du rail; cette résistance anormale pourrait produire une augmentation de l'effort de traction; si une voie de tramway était parfaitement posée et parfaitement entretenue, avec des voitures à 4 boudins, on se rapprocherait évidemment des conditions favorables du roulement des véhicules de chemins de fer sur les rails saillants.

M. Roy répond qu'en pratique, le coefficient de roulement, d'après les expériences de M. Tresca, a diminué au contraire, avec la suppression des deux boudins.

M. Mallet dit que la voie proposée offre une grande analogie avec la voie Marsillon, et se demande même s'il existe entre ces deux voies une différence bien tranchée.

M. L. Rey répond que ces différences sont parfaitement caractérisées :

1° Le contre-rail, au lieu d'être très faible, comme dans la voie Marsillon (et c'est par là que périt cette dernière), est exactement de même profil que le rail lui-même.

2° Les coussinets sont très robustes et présentent une forme de cloche favorable à la résistance.

3° Les coussinets forment un épaulement pour le champignon supérieur du rail et du contre-rail, qu'ils soutiennent comme le font les éclisses, tandis que dans la voie Marsillon, le coussinet, appliqué contre l'âme du rail, n'atteint pas le champignon supérieur.

4° Enfin les traverses sont plus rapprochées que dans la voie Marsillon, et ce rapprochement, combiné avec une plus grande résistance propre du rail et du contre-rail, donne à la voie une rigidité plus grande.

D'ailleurs, M. Rey ne prétend pas présenter une voie applicable dès

aujourd'hui dans tous les cas ; il apporte une solution qui a parfaitement réussi dans l'application qu'il en a faite, alors que, pour des cas analogues, aucune des voies employées jusqu'ici n'a donné complète satisfaction.

M. Billéma revenant à la question de principe traitée à l'origine de la discussion par M. Roy, dit qu'une voie posée en plein champ est évidemment plus économique que celle noyée dans l'intérieur d'une chaussée; mais lorsque l'on est obligé de recourir à ce dernier système, c'est qu'évidemment l'on n'a pas le choix, comme par exemple lorsqu'il s'agit de traverser une ville ou un village; la solution présentée par M. L. Rey doit donc être comparée, non pas aux voies posées en plein champ, mais à celles des tramways qui circulent dans l'intérieur des villes; à ce point de vue, M. Billéma ne pense pas que le prix de cette voie soit bien élevé, peut-être 30 à 35 francs par mètre courant.

M. L. Rey répond que le prix dépend du cours des matières premières; le poids de la voie est un chiffre qui offre plus d'intérêt que le prix ; cependant, il peut dire que le prix de revient de la voie qu'il présente n'a pas atteint, à beaucoup près, les chiffres cités par M. Billéma.

M. le Président remercie M. Rey de son intéressante communication, et donne la parole à M. Douau, pour sa communication sur les ports de commerce de l'Europe septentrionale (analyse du rapport de MM. Plocq et Laroche).

M. Douau, en commençant sa communication, demande la bienveillante attention de l'assemblée; il s'est trouvé chargé par M. le Président de vouloir bien analyser le rapport de la mission faite en 1878 par MM. Plocq, inspecteur général des ponts et chaussées, et Laroche, ingénieur en chef, rapport comprenant une étude très complète sur les principaux ports de commerce de l'Europe septentrionale et dont les auteurs ont fait hommage d'un exemplaire à notre Société.

Le travail qui nous a été confié était, en effet, au-dessus de nos forces et de notre mérite personnels, nous pensons donc que votre indulgence nous sera acquise pour le compte rendu que nous allons présenter.

Le rapport de MM. Plocq et Laroche comprend les chapitres suivants :

Sommaire.

Chapitre Ier : Caractères généraux et constitution des administrations.

Chapitre II : Dimensions et dispositions des bassins et des quais.

Chapitre III : Construction et réparation des navires.

Chapitre IV : Machines à eau sous pression.

Chapitre V : Tarif des taxes de toute espèce.

Chapitre VI : Renseignements statistiques.

Cette division de l'ouvrage vous montre que la question a été envisagée et étudiée sous tous ses points de vue et que, dans ces conditions, un résumé est bien difficile à faire; nous n'examinerons donc et cela, d'une manière très sommaire, que les questions qui ressortent plus spécialement du cadre ordinaire de nos travaux.

Il est, en commençant, une impression qui nous a frappé et que nous devons faire connaître, peut-être même l'aurez-vous ressentie comme nous; c'est de ne pas trouver un chapitre de conclusions au remarquable rapport qui nous occupe, mais après en avoir étudié de notre mieux les différentes parties, nous sommes arrivé à ce résultat que, pour nous, le sommaire même du rapport en constitue la véritable fin, les conclusions et si nous en recherchons la raison, nous ne la trouvons que dans une hésitation, très louable du reste, de la part de MM. Plocq et Laroche, c'est que ce qui se fait à l'étranger, en Belgique, en Hollande, en Allemagne, en Angleterre, en matière de port était la condamnation, le mot est peut-être bien gros, mais nous n'en trouvons point d'autre, de tout ce qui se faisait en France. Il était donc bien difficile de faire un tel chapitre portant le titre de conclusions et c'est pourquoi nous trouverons tout ce qui nous intéresse dans le sommaire même.

Ces considérations générales posées, nous entrons dans le cœur de la question.

PORTS DE LA BELGIQUE, DE LA HOLLANDE ET DE L'ALLEMAGNE.

Renseignements généraux.

Les ports visités sont les suivants : Anvers en Belgique, Amsterdam et Rotterdam en Hollande, Brême-Brêmerhafen et Hambourg en Allemagne.

Contrairement à ce qui se passe dans notre pays, tous ces ports appartiennent aux villes, l'État n'intervenant le plus souvent que pour donner une sanction législative à certaines mesures d'ordre général.

Ainsi donc, les villes ont à se préoccuper de tout ce qui concerne la construction, l'exploitation, l'administration et la réglementation de ces ports; elles perçoivent les taxes et droits divers comprenant : droits fixes, droits d'usage, loyers sur les navires et sur les marchandises; nous ajouterons immédiatement à ce sujet que, partout, l'on se préoccupe de simplifier la perception de ces droits, de les réduire le plus possible, enfin, de faire disparaître les entraves qui résultent pour le commerce, de la multiplicité des taxes, droits de douane et autres.

En France il n'en est pas malheureusement toujours ainsi et dans un port que nous avons eu l'occasion d'étudier plus particulièrement, celui de Marseille, nous voyons que lorsqu'un navire arrive dans ce port, il acquitte à la douane ou aux autres administrations publiques des droits dont le nombre est de vingt[1]; ces taxes, déjà très nombreuses, ne comprennent pas celles relatives aux services particuliers rendus aux navires et à leur cargaison tels que : frais de remorquage, main-d'œuvre et outillage de manutention, lestage et délestage, frais de magasinage, frais de réparations du navire s'il y a lieu, etc.

Dans les ports étudiés, ce que nous pouvons appeler les droits fixes cor-

1. Voir, Chambre de Commerce de Marseille, *Le port de Marseille à l'Exposition universelle* de 1878.

respondant à des services d'intérêt général rendus à la navigation et au commerce, tels que : droits de phares et balises, de pilotage, entretien des rivières ou des rades, droits de docks ou bassins, de quais de mouillage, d'ancrage, les impôts de ville, etc., leur nombre est généralement compris entre 2 et 7 au maximum, et encore, le plus souvent, sont-ils perçus en une seule fois et par la même administration.

Nous n'aurons pas à revenir sur ces renseignements généraux qui s'appliquent également bien aux ports de l'Angleterre, que nous passerons en revue plus loin.

Nous ajouterons qu'en ce qui concerne les tarifs, on ne se préoccupe généralement que de faire face aux charges, il ne s'agit point là d'opérations commerciales ou financières devant apporter des bénéfices et rémunérer le capital engagé et nous ne pouvons mieux faire que de citer MM. Plocq et Laroche sur la manière générale dont on envisage la question :

« Le plus souvent on considère ces dépenses (travaux et installations) comme d'intérêt général et on parfait au besoin le produit des taxes au moyen d'impôts sur la richesse et le bien être public de chaque localité. On estime qu'il y a avantage à ne pas imposer à la navigation des tarifs trop élevés afin d'attirer le mouvement commercial.

« La grande préoccupation de ces villes n'est pas tant de faire de grandes et dispendieuses extensions des bassins que de donner à la navigation, au commerce et à l'industrie toutes les facilités et toutes les appropriations qu'ils peuvent désirer; en un mot, dans ces ports de commerce, on semble plus se préoccuper du commerce et de ses besoins que du port et de ses travaux hydrauliques; on est persuadé que c'est le commerce qui fait le port et non les travaux qui amènent le commerce. »

Si l'on examine quelques-uns des services généraux, voici les renseignements que nous trouvons :

Pilotage, presque exclusivement fait par l'État qui en perçoit les droits.

Remorquage, confié à l'industrie privée, et là nous signalerons un inconvénient résultant même du régime libéral sous lequel on se trouve; il n'y a point, en effet, de tarif fixe imposé, le temps est-il beau, les navires peu nombreux, les prix sont réduits; si, au contraire, la navigation devient plus difficile, voire même dangereuse, les tarifs augmentent et les armateurs se trouvent être à la merci des entrepreneurs de remorquage. On se préoccupe de trouver une solution qui, sans porter entrave au principe de la liberté commerciale, apporte un correctif aux inconvénients que nous venons de signaler et permette de se mettre à l'abri d'exigences qui n'ont pour effet que d'être préjudiciables à l'intérêt général.

Lestage et délestage, sont faits par les soins de l'industrie privée et laissés à la libre concurrence.

Au point de vue général nous empruntons au rapport les deux passages suivants; leur importance ne vous échappera pas, et nous n'aurons rien à ajouter pour motiver l'appréciation que nous formulions en commençant :

« Dans tous ces ports, on travaille avec activité à leur extension, à leur amélioration, à leur outillage.

« De tous ces travaux ceux qui se rapportent à l'outillage, c'est-à-dire à l'installation des voies ferrées, des hangars, des appareils de chargement et de déchargement, de radoub, etc., paraissent être ceux qui sont poussés avec le plus de sollicitude. En tous cas on ne construit pas un bassin sans faire marcher parallèlement les ouvrages relatifs à son outillage et à son exploitation. »

Vous savez qu'en France il n'en est nullement ainsi, vous avez encore présente à la mémoire une communication que nous avons eu l'honneur de vous faire sur le nouveau port de la Rochelle; on fait un bassin, le reste qu'importe : il sera toujours temps d'y penser plus tard.

Du reste, dans toutes ces questions de ports dans lesquelles l'élément maritime a souvent une réelle importance, on ne s'en préoccupe pas toujours ainsi qu'il convient, on élabore un projet sans tenir compte des avis qui peuvent être formulés, des *desiderata* ou des exigences multiples, et ceux de nos collègues qui ont été au Havre le 31 mars et le 1er avril derniers en savent quelque chose; il y a, en effet, un projet de l'administration avec une passe au nord-ouest et M. le commandant Servan nous disait que les pilotes consultés avaient été tous unanimes pour déclarer que, quand même cette route du nord-ouest serait faite, les navires ne la prendraient pas, le courant de jusant se dirige en effet avec une certaine vitesse vers le nord-ouest, les navires doivent donc venir vers le sud, être entraînés en dérive et entrer dans le chenal, ce qui n'a point empêché l'entrée du nord-ouest d'être maintenue dans le projet de l'administration.

En général, lorsque l'on a à organiser un service devant donner satisfaction à une série de besoins parfaitement motivés (techniques, industriels, commerciaux) on s'inspire des *desiderata* de chacun, on s'entoure de collaborateurs compétents dans chacune des parties et on arrive ainsi à faire œuvre utile, convenable et pratique. C'est là, il est vrai, une indication du simple bon sens, c'est sans doute pour cela, et à cause de sa simplicité même, qu'on s'empresse de ne pas la suivre, et les citations que nous avons faites font bonne justice de la manière de procéder suivie en France jusqu'à ce jour.

Nous allons maintenant nous occuper des bassins et de leurs aménagements.

Bassins et aménagements.

Le rapport de MM. Plocq et Laroche nous renseigne parfaitement sur les tendances générales que l'on rencontre en Belgique, en Hollande et en Allemagne sur les aménagements des ports. Nous allons, en suivant l'ordre même adopté par les auteurs, indiquer les conditions dans lesquelles on se place.

Largeur des bassins. — D'une manière absolue on ne tend pas à exagérer cette largeur, on estime en effet, qu'une largeur de 150 mètres doit être

considérée comme un maximum et les dimensions de 120 à 130 mètres correspondent à une bonne moyenne. L'objection que l'on peut faire c'est que les navires doivent sortir par l'arrière, mais une expérience constante a démontré qu'il n'en résultait aucun inconvénient sérieux; nous verrons du reste plus loin qu'en Angleterre on admet même une limite de beaucoup inférieure à celle que nous venons d'indiquer[1].

Largeur des quais. — On admet que l'on ne doit point descendre au-dessous de 75 mètres, c'est un minimum, et on doit atteindre 100 mètres si cela est possible. La division de l'espace ainsi réservé est la suivante :

Trottoirs.	$3^m,00$	à	$5^m,00$
Voie charretière	$12^m,00$	à	$15^m,00$
Voies ferrées	$15^m,00$	à	$20^m,00$
Surface de manutention.	$37^m,00$	à	$50^m,00$
Bande le long du quai.	$8^m,00$	à	$10^m,00$
Total.	$75^m,00$	à	$100^m,00$

Les opérations qu'on peut avoir à faire sont les suivantes : marchandises transbordées directement du wagon à la cale du navire et *vice versa;* on doit donc réserver au bord même du quai un espace suffisant pour établir une voie destinée aux grues roulantes, une voie ferrée pour les wagons; en même temps cette partie doit être accessible aux voitures.

Dans certains cas particuliers les marchandises doivent être vérifiées à l'avance ou soumises à la visite de la douane et il convient de les déposer sur des quais ou dans des hangars qui suivent immédiatement; de là la nécessité des surfaces dites de manutention; d'un autre côté de ces surfaces, un certain nombre de voies ferrées, de manière à pouvoir faire l'enlèvement des marchandises sans jamais avoir à encombrer la première partie du quai proprement dit.

Établissement d'abris sur les quais. — Ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte d'après ce qui vient d'être dit, les marchandises doivent trouver, au moment même du débarquement, des hangars où elles peuvent séjourner quelque temps; le niveau de ces hangars doit être le même que celui du plancher des wagons afin de permettre une manutention facile et économique à la fois. Ils sont généralement compris dans la surface de manutention qui comprend ainsi deux parties : un quai découvert et un hangar; ce sont là des dispositions d'aménagement que l'on rencontre partout.

Voies ferrées sur les quais. — Les quais doivent être desservis directement par voies ferrées; la traction se faisant toujours par locomotives; les

1. En France on n'a jamais osé adopter des largeurs aussi faibles, même dans les ports nouveaux; nous rappellerons que la largeur du bassin du nouveau port de La Rochelle est de 200 mètres sur sa plus grande longueur. (Voir *Mémoires de la Société*, octobre 1882, page 415.)

plaques tournantes doivent être exclues ou leur emploi doit se borner simplement aux manœuvres secondaires pour faire communiquer entre elles une série de voies parallèles; dans tous les cas, l'écartement de ces voies doit être tel que la circulation des agents soit toujours facile; les courbes ne doivent point avoir un rayon inférieur à 120 mètres, on est quelquefois descendu, mais exceptionnellement, à 100 mètres et à 90 mètres[1].

Sur un quai de commerce général, il faut avoir quatre voies au moins, à savoir :

Une voie pour les wagons en opération;
Une voie pour les wagons vides;
Une voie pour les trains au départ;
Enfin une voie pour les trains à l'arrivée.

Appareils hydrauliques. — Contrairement à ce qui existe le plus souvent dans notre pays, toutes les opérations de manutention se font mécaniquement et on trouve partout un ensemble très complet d'engins hydrauliques dont l'usage est devenu, on peut le dire, absolument classique.

Gares maritimes. — Nous avons parlé tout à l'heure des voies ferrées mais il ne faut pas croire qu'il faille considérer comme suffisant celles qui ont été indiquées et qui sont indispensables; il faut encore établir de vastes gares maritimes dans lesquelles doivent se faire les opérations de réception, de triage des wagons, ainsi que les réceptions et expéditions des trains en provenance ou en destination des différents réseaux ou des principales directions. Pour donner une idée de l'importance de ces gares maritimes nous dirons simplement que leur surface doit être égale à celle des quais.

En France, dans certains ports, ces gares n'existent pas ou leur surface est très réduite. A Marseille notamment, la superficie de la gare maritime est d'environ le 1/10 de celle des quais.

Nous ajouterons, pour terminer cet exposé, que la surface des quais et annexes doit être environ trois fois la surface d'eau des bassins eux-mêmes.

Visite et réparation des navires. — Enfin tous les ports sont munis de moyens suffisamment puissants de réparation et de visite des navires; on compte en moyenne un appareil pour sept à neuf cents navires à l'entrée par an.

PORTS DE L'ANGLETERRE

Renseignements généraux.

Les ports visités en Angleterre sont les suivants : Londres, Hull, Newcastle, Glascow, Liverpool et Bristol. Tous ces ports sont situés sur des rivières, il y a donc une navigation fluviale importante dont il y a à tenir compte.

1. Au Havre on rencontre des courbes de 50 mètres de rayon, mais ce sont là des conditions très désavantageuses et ce n'est point là un exemple à suivre.

Le port de Londres est sur la Tamise, Hull sur le Humber, Newcastle sur la Tyne, Glascow sur la Clyde, Liverpool sur la Mersey et Bristol, sur l'Avon.

Là encore les ports ne sont pas la propriété de l'État, nous rencontrons, en effet, des administrations spéciales et, à l'exception de Bristol, ces administrations sont étrangères aux villes mêmes; voici du reste quelques indications à ce sujet :

Londres. — Le port, on peut le dire, s'étend depuis le pont de Londres jusqu'à l'embouchure de la Tamise; l'administration de la rivière appartient à une corporation puissante, les docks sont la propriété de quatre compagnies.

Hull. — Une administration spéciale et locale s'occupe de la rivière; les docks appartiennent à une compagnie.

Newcastle. — Les travaux et l'exploitation incombent également à une assemblée locale et spéciale.

Glascow. — Compagnie.

Liverpool. — Syndicat s'occupant de l'administration, de l'amélioration, de l'entretien et de l'exploitation de toute la partie aval de la rivière. Ce syndicat est également propriétaire des docks.

Bristol. — Nous trouvons entre les mains du Conseil de la Cité une concentration analogue à celle que nous venons d'indiquer pour Liverpool.

Si nous passons en revue, comme nous l'avons fait dans la première partie de notre travail, les différents services généraux, nous pouvons donner les indications suivantes :

Pilotage. — Le pilotage est partout obligatoire : sur toutes les côtes de l'Angleterre et sur la Tamise, il est fait par les soins de la puissante corporation de *Trinity house.* Sur les rivières, nous trouvons une administration locale pour Hull, des corporations spéciales à Newcastle et Glascow; enfin, des délégations comprises dans les administrations de port à Liverpool et Bristol.

Nous citerons, en passant, un fait intéressant. C'est que, pour plusieurs ports, les capitaines des navires anglais qui ont subi avec succès un examen déterminé à l'avance, sont autorisés à être leur propre pilote; nous ajouterons que, grâce à l'initiative de notre consul, la même faveur a été étendue, dans les mêmes conditions, aux capitaines français qui voyagent d'une manière fréquente sur le Humber (port de Hull).

En ce qui concerne les taxes, on est peut-être dans des conditions un peu plus défavorables que celles des ports du continent : on se trouve, en effet, en présence de privilèges le plus souvent fort anciens et qui ne sont guère en rapport avec les exigences de la navigation actuelle; la tendance est précisément d'arriver à des améliorations de nature à assurer le développement du commerce maritime. On conçoit que, dans un tel résumé, il nous serait difficile de donner des chiffres dont l'énumération serait longue et ennuyeuse.

Bassins et aménagements.

Largeur des bassins. — Dans les derniers bassins construits à Liverpool on s'est contenté d'une largeur de 90 mètres, et M. Lyster, ingénieur en chef du port, déclare qu'il se fût contenté d'une largeur beaucoup moindre, 60 mètres, s'il n'eût eu à établir des grils de carénage à l'extrémité des bassins.

Largeur des quais. — On admet pour un quai de commerce général 90 mètres, cette longueur étant divisée d'une manière analogue à celle indiquée précédemment pour les ports du continent; c'est une dimension indiquée comme parfaitement suffisante par une personne des plus compétentes, M. Harrisson, ingénieur en chef du *North-Eastern* et des *Tyne-docks*.

Abris sur les quais. — Depuis fort longtemps on rencontre sur les quais des ports anglais des abris ou magasins provisoires désignés sous le nom de *sheds;* les plus anciens présentent des inconvénients en ce sens que leur niveau est à fleur même du sol, il en résulte des difficultés de manutention; mais, pour ceux établis à présent leur niveau correspond toujours à celui du plancher des wagons.

Voies ferrées. — Les voies ferrées des ports ne sont pas toujours aussi nombreuses qu'il serait nécessaire pour un excellent service, cela tient aux privilèges anciens que nous avons déjà cités, mais les difficultés résultant d'un pareil état de choses sont reconnues par les intéressés, et on fait en sorte d'y porter remède en obtenant de nouveaux *bills* du Parlement : il faut avoir soin de dire, en outre, que dans certains cas la configuration géographique du sol a été un obstacle presque insurmontable à l'établissement de ces voies ferrées. L'agencement général adopté est le suivant :

Deux voies sur le bord des quais;
Hangars ou magasins temporaires;
Voies ferrées à la suite, au moins deux;
Enfin, des magasins, si l'espace le permet.

Dans tous les cas, la traction se fait par locomotives.

Engins mécaniques. — Dans tous les ports anglais les engins mécaniques, et spécialement les appareils hydrauliques de sir Williams Armstrong ont pris un développement tellement considérable que l'on ne peut s'en faire une idée lorsqu'on n'a pas visité ces ports; tout s'y fait mécaniquement et dans des conditions véritablement exceptionnelles; nous rappellerons que la première application de ces appareils hydrauliques remonte, en Angleterre, à l'année 1851.

Le chapitre IV du rapport de MM. Plocq et Laroche dans lequel est traitée la question de machines à eau sous pression est un des plus intéressants à consulter. Les ingénieurs y trouveront des indications précieuses sur les installations d'appareils de ce genre fort peu connus dans notre pays.

En ce qui concerne *les gares maritimes, la visite et la réparation des*

navires, on n'a qu'à se reporter à ce que nous avons dit pour les ports du continent.

Nous ne saurions mieux faire maintenant que d'emprunter aux auteurs eux-mêmes les quelques considérations générales suivantes que l'on ne saurait passer sous silence :

« Les ports appartenant à des compagnies, surtout à des compagnies de chemins de fer, sont mieux outillés et mieux exploités que ceux qui appartiennent à des corporations et surtout que ceux qui appartiennent à des villes.

« Presque partout nous avons été interrogés sur les conditions d'aménagement et d'administration de nos ports; elles nous ont paru être peu ou pas connues en Angleterre. *Partout nous avons remarqué des signes d'étonnement sur la situation des ports français au point de vue de leur outillage et de leur exploitation.* »

Et plus loin, MM. Plocq et Laroche ajoutent :

« En Angleterre, la marchandise comme l'entretien du matériel naval est l'objet final et capital de la sollicitude des administrations des ports; on ne se borne pas à y assurer la circulation et le stationnement des navires. Et nous avons entendu formuler cette opinion que les soins correspondants aux besoins de la marchandise et de la réparation des navires, d'un caractère si spécialement commercial et industriel, ne sont pas du ressort d'une administration publique dans un grand gouvernement. »

Enfin, une dernière citation analogue à celles que nous avons indiquées pour les ports de Belgique, de la Hollande et de l'Allemagne, elle prouvera qu'en Angleterre, comme dans ces pays, les tendances sont les mêmes et que les règles adoptées pour le développement du commerce maritime, c'est-à-dire pour l'avenir même du pays, sont identiques :

« Dans tous ces ports on travaille avec activité à leur amélioration, à leur extension, et au développement de leur outillage. Du reste, depuis longtemps en Angleterre, on n'a jamais conçu l'exécution de quais ou de bassins sans y comprendre en même temps tous les organes d'exploitation : hangars, appareils de chargement et de déchargement, etc. »

Ce sont là, on peut le dire, des enseignements dont nous devons tirer profit, et permettez-nous en terminant de citer quelques chiffres qui auront par eux-mêmes une trop grande éloquence.

Voici en effet le tonnage[1] des navires entrés dans les années 1861 et 1882 dans les ports suivants :

	1861.		1882.	
Le Havre.	1,390,000	tonneaux	2,270,000	tonneaux
Anvers.	640,000	—	3,440,000	—
Rotterdam..	710,000	—	2,090,000	—
Hambourg	990,000	—	2,870,000	—[2].

1. Les tonnages sont exprimés en tonneaux de jauge du système Moorson.

2. Ce dernier chiffre s'applique à l'année 1881, les renseignements de l'année 1882 n'étant pas encore parvenus.

Les causes de situations, tellement différentes entre ces différents ports dans une période de 21 ans, sont sans doute multiples; mais il est bien certain que ce qui touche l'outillage, l'aménagement proprement dit, a joué un rôle prépondérant dans le développement des ports étrangers.

On touche là aux œuvres vives même du pays; il ne suffit pas, en effet, d'avoir une supériorité marquée à un moment déterminé, il ne faut pas s'endormir dans une fausse sécurité, il faut savoir prévenir les autres dans la voie qu'ils ont suivi d'une manière énergique et continue.

Malheureusement, et dût en souffrir notre amour-propre, nous devons confesser que l'on ne s'est pas toujours préoccupé dans notre pays de ces questions d'aménagement, et nous en donnerons la preuve par la lettre suivante adressée le 21 avril 1866 par le sénateur, préfet de la Seine Inférieure à un de nos collègues qui avait adressé à M. le Ministre des Travaux publics un projet pour les quais du port du Havre.

« MONSIEUR L'INGÉNIEUR,

« Vous avez adressé à Monsieur le Ministre des Travaux publics un projet d'installation sur les quais du port du Havre d'appareils hydrauliques destinés à l'embarquement et au débarquement des marchandises. Il résulte des renseignements qui ont été fournis à Son Excellence par MM. les Ingénieurs des ports maritimes que les usages commerciaux sont tels au Havre, que l'installation des grues hydrauliques ne procurerait aucun avantage au commerce, le déchargement des navires n'étant jamais entravé par la lenteur du débarquement, mais par la manutention des marchandises. L'économie à réaliser sur le hissage hors des cales étant sans proportion avec l'importance du capital à engager pour établir les grues.

« D'un autre côté, les portes des écluses se manœuvrent très facilement et l'installation d'appareils hydrauliques serait sans utilité pour cet objet; il est d'ailleurs à remarquer que les portiers préposés à la manœuvre des portes concourrent très efficacement au halage des navires et rendent, sous ce rapport, les services les plus sérieux au commerce.

« MM. les ingénieurs ont en outre fait observer que l'emploi d'appareils hydrauliques dus à l'invention de M. Armstrong, remonte à 1846 et a été déjà tenté sans succès aux docks entrepôts du Havre où ils semblaient cependant devoir trouver l'application la plus favorable.

« Son Excellence m'informe par une dépêche, en date du 16 de ce mois, qu'elle a décidé, d'après ces observations, que votre projet n'est pas susceptible d'être adopté. »

Nous n'avons rien à ajouter et vous apprécierez à leur juste valeur ce que nous avons cru devoir appeler les conclusions du rapport de MM. Plocq et Laroche.

M. LE PRÉSIDENT dit que ceux des membres de la Société qui ont fait le voyage du Havre, il y a un mois, ont pu constater que rien de nouveau n'y a été établi, comme outillage, depuis vingt ans; on fait de grands bassins, mais on ne perfectionne nullement les moyens de chargement et de déchar-

gement; ces faits sont parfaitement d'accord avec la conclusion qu'a tirée M. Douau du mémoire dont il vient de faire l'analyse.

M. Quéruel, faisant allusion à la lettre officielle de 1866, produite par M. Douau, dit qu'il était au Havre à cette époque, et qu'il a présenté au bureau des docks des appareils de levage par l'hydraulique; il a visité les appareils dont il est question dans cette lettre; mais leur installation présentait des complications et des fautes mécaniques telles, qu'il n'y avait évidemment rien à attendre de bon de leur fonctionnement; aussi n'est-il pas étonnant qu'ils aient inspiré les idées émises dans la lettre précitée.

M. le Président remercie M. Douau de son intéressante communication.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Séance du 18 Mai 1882.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à neuf heures.

Le procès-verbal de la séance du 4 mai est adopté.

M. le Président annonce la nomination de M. Huguet comme commandeur de l'ordre Royal d'Isabelle la Catholique.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante de M. Haag, ingénieur des ponts et chaussées.

« Monsieur le Président,

« Je m'autorise du bienveillant accueil que la Société des Ingénieurs civils a fait à mon projet de chemin de fer Métropolitain pour vous adresser, au sujet de ce projet, quelques renseignements complémentaires.

« Dans la séance du 16 mars la discussion a porté principalement sur la question de dépense, et vous-même, Monsieur le Président, résumant en quelques mots cette discussion, vous disiez : « Si le projet de M. Haag ne « soulève au point de vue technique aucune objection, il présente un gros « point d'interrogation, à savoir les 220 millions qu'il nécessite. »

« Depuis lors mon attention s'est principalement portée sur cette question des dépenses, et je suis arrivé à me procurer quelques renseignements qui me semblent de nature à l'éclairer d'une façon beaucoup plus précise.

« Voici d'abord des chiffres relatifs à l'expropriation nécessitée par l'isolement de la Bibliothèque nationale : je les dois à l'obligeance d'un ami, M. Henri Porée, avocat, chargé tout récemment de cette affaire.

« Il s'agissait, on le sait, d'un pâté de maisons rectangulaire, faisant

l'angle de la rue Vivienne et de la rue Colbert : il y avait 75 mètres de façade environ sur la première de ces rues et 35 mètres sur la seconde, soit en tout 2,650 mètres superficiels.

Les indemnités foncières ont été de	4,550,000 fr.
Les indemnités locatives de	2,075,000
Soit en tout. . . .	6,625,000 fr.

ou $\frac{6,625,000}{2,650}$ soit 2,500 francs du mètre.

« Or tout le monde se rappelle la situation et la nature de ces immeubles, et l'on peut affirmer qu'ils présentaient à tous points de vue une valeur exceptionnelle.

« Mais voici pour la question du Métropolitain un document plus concluant encore :

« Le numéro 31 de la rue Montmartre (qui faisait, je crois, l'angle de la rue Jean-Jacques-Rousseau) s'étant trouvé exproprié par le percement de la rue Étienne-Marcel, a donné lieu aux indemnités suivantes[1] :

« Pour une surface de.	431 mètres.
dont on a exproprié	$336^{m},50$.
en laissant au propriétaire.	$94^{m},50$.
on a payé une indemnité foncière de	420,000 francs.
et des indemnités locatives dont le total s'élevait à .	151,450.
Soit en tout	571,450 francs.

ou $\frac{571,450}{336,50}$ = 1,698 francs du mètre.

« Il est intéressant de remarquer la manière dont est constitué le chiffre des indemnités locatives : il se décompose de la façon suivante :

18,000 fr. — 25,000 — 45,000 — 12,000 — 30,000 —
18,000 — 1,500 — 550 — 1,000 — 400
Total. 151,450 fr.

« Ce détail fait bien voir que la maison en question devait être occupée par de nombreux petits commerçants et rentrait par conséquent dans le type ordinaire des maisons de la rue Montmartre.

« Ce sont là des chiffres qui justifient bien le prix de 1,500 francs[2] du mètre que j'avais admis comme *moyenne pour la totalité du tracé :* ils prouvent même, à mon avis, que cette moyenne est fort exagérée.

« D'autre part, je me suis procuré, relativement à la location des boutiques, des renseignements intéressants également.

« Le viaduc de la ligne de Vincennes est utilisé, comme on sait, pour des locations et présente des dispositions assez analogues à celles qu'offrirait

1. Renseignements fournis par les Ingénieurs de la Ville.
2. Je rappellerai que dans mes estimations cette moyenne de 1500 francs était ramenée à 1000 francs environ pour tenir compte de la surface tout acquise des rues absorbées.

notre ligne métropolitaine. Les arcades ont 8 mètres d'ouverture et sont subdivisées à l'origine en arcades de 4 mètres. Les aménagements sont fort défectueux, car on n'a considéré ces locations que comme un revenu tout à fait accessoire et on ne s'est nullement préoccupé, dans l'établissement primitif du viaduc, de donner aux boutiques le confortable et l'aération désirables. Elles n'ont guère que 4^{m},50 de profondeur : elles n'ont ni sous-sols, ni caves; tous les aménagements sont faits par la Compagnie, mais aux frais du locataire et restent la propriété de la Compagnie à l'expiration du bail.

« Et malgré ces conditions défavorables l'arcade de 8 mètres se loue couramment et facilement 800 francs, soit 100 francs par mètre linéaire de façade. Sous la gare de Vincennes, des boutiques ayant des arrière-boutiques obscures formant caves sont louées 6,000 francs pour trois arcades, soit 250 francs par mètre courant de viaduc.

« Or, il est clair qu'avec des aménagements bien étudiés, tels que ceux indiqués à la séance du 16 mars par M. l'architecte Vaurabourg, on tirerait un parti bien meilleur des locaux à utiliser : à Berlin, par exemple, il existe sous le viaduc du Métropolitain des brasseries fort élégantes et très bien installées.

« Il est évident également que, comme situation, les plus mauvaises parties du viaduc Métropolitain seraient encore meilleures que celles de la rue de Lyon et de l'avenue Daumesnil.

« Il serait donc absurde d'admettre pour notre viaduc le prix de 800 francs par arcade, qui donnerait déjà pour la double façade 200 francs par mètre linéaire, soit 200,000 francs par kilomètre. C'est là un minimum absolument indiscutable, mais infiniment au-dessous de la réalité et que nous avons tenu à établir uniquement pour donner, par comparaison, une idée de la valeur locative que pourraient atteindre les boutiques du Métropolitain.

« Ainsi, d'une part, l'évaluation des dépenses d'expropriation dans mon projet, est plutôt exagérée que trop faible, et d'autre part, la partie des recettes prévues, afférente à la location des boutiques, a été estimée bien au-dessous de ce qu'elle peut et de ce qu'elle doit être.

« Pour ce double motif, on reconnaîtra, je pense, que l'objection soulevée contre mon projet par la question de dépense, est moins grave en réalité qu'elle ne le paraît au premier abord. D'ailleurs, si l'on compare cette dépense à l'importance et à la multiplicité des services rendus, son chiffre, qui n'est pas exorbitant en somme, pourra sembler suffisamment justifié.

« Telles sont, Monsieur le Président, les quelques observations que je prends la liberté de vous adresser, en vous priant de vouloir bien les communiquer à la Société des Ingénieurs civils. Si la question vous semble de nature à intéresser la Société, je pourrais vous communiquer pour une prochaine séance une note nouvelle relative à une variante importante et à certaines dispositions que j'étudie en ce moment et qui ont pour but de desservir le mieux possible les Halles et l'Hôtel des Postes.

« En attendant, veuillez agréer, je vous prie, l'expression de mes sentiments les plus dévoués. Paul HAAG. »

M. LE PRÉSIDENT, à l'occasion de cette lettre, annonce que, sur la demande de plusieurs membres de la Société, il mettra à l'ordre du jour de la deuxième séance de juin, la reprise de la discussion sur le Métropolitain de Paris.

Nous avons déjà en 1872, en 1874 et l'année passée, consacré de nombreuses séances à l'examen des projets présentés, et nous avons en main tous les documents qui ont été produits ainsi que les résultats obtenus dans d'autres capitales : Londres, Vienne, Berlin. Le chemin aérien de New-Vork est le seul sur lequel on ne nous a pas présenté encore un travail complet; c'est une lacune qui doit être comblée.

Comme faits nouveaux, nous avons à tenir compte du projet Haag et du rapport qui vient d'être soumis au Conseil municipal par MM. Deligny et Cernesson. Si les conclusions de ce rapport sont très nettes en ce qui concerne le tracé, il faut reconnaître qu'il n'en est pas de même pour la *possibilité d'exécution* de longs tunnel sous le sol de Paris, l'aérage de ces tunnels et le choix des moyens de traction. C'est la question technique, celle que nous devons discuter ici, sur laquelle semble régner la plus grande incertitude.

Ceux de nos collègues qui désirent participer à cette question feront bien de relire tout ce qui a été publié à cet égard dans nos comptes rendus, afin d'éviter des redites inutiles. Pour faciliter ce travail préalable, nous indiquerons à la suite du procès-verbal de cette séance, par ordre de date, les procès-verbaux à consulter.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Harrand sur les ascenseurs hydrauliques pour bateaux. La parole est à M. Badois.

M. BADOIS. Le mémoire que j'ai l'honneur de produire est de M. Harrand, qui ne peut le présenter lui-même parce qu'il est retenu en province par ses fonctions. Ce travail est intéressant à cause de l'actualité du problème qui consiste, pour les canaux, à franchir des hauteurs de plus en plus considérables.

Il se termine par quelques considérations sur l'accident survenu l'année dernière au premier appareil qui eût résolu d'une manière pratique ce problème, l'ascenseur d'Anderton, et qui avait fonctionné d'une manière satisfaisante pendant plusieurs années.

M. Harrand a traité la question des ascenseurs hydrauliques à un point de vue spécial, au cours d'une étude faite par M. Rozat de Mandres, inspecteur général des ponts et chaussées, d'un canal qui doit relier Bordeaux à Bâle, en réunissant la Garonne à la Haute-Loire. Ce canal était déjà projeté en 1835, et on était sur le point de le construire au moment où les chemins de fer sont venus arrêter l'essor des canaux de navigation.

Le nouveau tracé proposé traverse les monts d'Auvergne en plein, et

s'élève à la cote de 716 mètres au-dessus du niveau de la mer pour redescendre à la côte de 269, en passant sur l'Allier à Varennes, et vient rejoindre à Diou le canal latéral à la Loire.

Les études ont été faites d'une façon complète, et on s'est aperçu qu'on ne pouvait pas donner suite à ce tracé sans introduire, pour l'élévation des bateaux, de nouveaux moyens plus efficaces que ceux employés jusqu'alors; car si l'on se fût servi d'écluses de 3 mètres il en aurait fallu un tel nombre que la distance virtuelle du parcours aurait été double de celle réelle, qui est de 500 kilomètres environ.

Grâce à l'emploi des ascenseurs hydrauliques, qui permettraient de racheter d'un seul coup des chutes de 35 mètres de hauteur, on maintiendrait l'augmentation de distance virtuelle due au passage des écluses, aux proportions admises dans les canaux établis dans les meilleures conditions; on était arrivé à résoudre le problème au moyen de 17 ascenseurs hydrauliques placés sur l'un des versants, et de 15 ascenseurs sur l'autre versant, soit en tout 32 appareils remplaçant 320 écluses ordinaires.

M. Harrand, dans sa communication, suppose que le lecteur est au courant de la question des ascenseurs hydrauliques, son mémoire renvoyant aux diverses publications dont elle a été l'objet; mais il se promettait de le déposer, de manière que la lecture de son travail pût être faite avec fruit à la Société.

M. Badois tient à le suppléer à cet égard en donnant quelques détails sur les appareils, dits ascenseurs, qui ont été proposés jusqu'ici.

Il y a déjà quelques années que la question est à l'ordre du jour.

On a représenté sur le tableau les principaux types de ce genre d'écluses. La première fut celle de M. Seiler, ingénieur, membre du Conseil national suisse. Elle avait trouvé bon accueil en France, même parmi les membres du gouvernement.

En 1863, le système a été présenté à notre Société par M. Vuigner, qui fut un de nos anciens présidents; voici ce qu'il disait alors :

« Pour améliorer la navigation des rivières, aux barrages à aiguilles et aux portes de garde, qui présentaient l'inconvénient d'une dépense d'eau considérable, on a d'abord substitué les écluses à simple sas, où la dépense est réduite à un volume déterminé par la section horizontale du sas et la hauteur de chute, sous déduction du volume déplacé par le bateau.....

« Lorsque les chutes à racheter ont une grande hauteur, on a souvent employé deux ou un plus grand nombre de sas accolés longitudinalement; mais, alors, la dépense d'eau est plus considérable qu'avec les écluses simples; elle peut être réduite de moitié avec le système de sas accolés latéralement. Les deux sas accolés peuvent être mis en communication par une bonde, au moyen de laquelle, lorsqu'un sas est rempli pour le passage d'un bateau, on verse la moitié de l'eau dans le second sas; le volume restant est la seule dépense pour le passage du premier bateau, et le second sas peut donner passage à un second bateau, au moyen d'un demi-remplissage. »

Ce système, employé dès 1837 sur divers canaux d'Angleterre et d'Ecosse, a été proposé par M. Vuigner pour un canal de jonction de l'Ourcq avec les canaux des Ardennes, dont l'alimentation, au point de partage, présentait de grandes difficultés; il a été ensuite appliqué par lui aux écluses établies, en 1842, sur le canal de l'Ourcq.

Des ingénieurs anglais avaient eu enfin l'idée d'établir des écluses à sas *mobiles* accolés latéralement pour racheter des chutes considérables, et M. Vuigner a visité, à la même époque une écluse de ce système établie à *Taunton*, et qui fonctionne encore aujourd'hui. Les sas sont formés de bacs qui se font équilibre au moyen de chaînes passant sur trois grandes roues à gorge, et qui peuvent ainsi alternativement être amenés au niveau des biefs d'amont et d'aval. Chaque bac est muni, à ses extrémités, de portes qu'on manœuvre en même temps que les portes correspondantes de ces biefs lorsqu'on veut faire passer un bateau. Des dispositions très simples assurent l'étanchéité au moment de l'ouverture de ces portes. La manœuvre des bacs est faite par le moyen d'un treuil et d'un frein reliés à l'une des grandes poulies à gorge.

Dans ce système, disait M. Vuigner, on peut donc racheter de fortes chutes sans dépense d'eau appréciable. A Taunton même, où ordinairement les bateaux descendants sont chargés, tandis que ceux montants sont vides, les bacs font remonter, dans le bief supérieur, une quantité d'eau suffisante pour le service d'une écluse ordinaire, à sas accolés latéralement, placée en aval de l'écluse à sas mobiles.

Les bacs de Taunton ont $8^m,92$ de longueur, $2^m,50$ de largeur et 1 mètre de profondeur; la chute est de $7^m,31$.

Un projet complet dans ce système a été étudié en 1838 par M. Vuigner pour relier le canal de l'Ourcq à la Marne, en aval de Lizy. Les bacs devaient avoir 28 mètres de longueur, 3 mètres de largeur et $1^m,20$ de profondeur, la hauteur à racheter étant de 8 mètres. On avait songé aussi à l'établissement de sas mobiles se mouvant sur des plans inclinés.

Tel était l'état de la question lorsque M. Seiler a eu l'idée d'un appareil dit aérohydrostatique, dont le rapport suivant de M. Huet, ingénieur du service municipal de la ville de Paris, donne une idée complète :

« A une écluse ordinaire, M. Seiler substitue un bac, une caisse en tôle de la longueur et de la largeur d'un sas d'écluse, et d'une tenue à peu près égale à celle du canal; cette caisse peut se mouvoir de haut en bas et de bas en haut dans la limite de la hauteur de chute à racheter, de manière à venir se placer alternativement au niveau de chacun des deux biefs qu'elle doit racheter l'un de l'autre.

« Pour pouvoir mettre en mouvement ce bac rempli d'eau, dont le poids n'est pas moindre de 1,100,000 kilogrammes qui a une longueur de 45 mètres, une largeur de 8 mètres, et une hauteur de $2^m,50$, M. Seiler le suspend par l'intermédiaire de quatre gazomètres; puis il l'équilibre par un bac semblable, placé à l'extrémité d'un des biefs considérés; de telle sorte que, dans le système de M. Seiler, les écluses sont accouplées et

présentent deux à deux, à l'extrémité d'un bief intermédiaire, la même dimension et la même chute; une canalisation souterraine permet de mettre en communication l'air comprimé dans les huit gazomètres dont se composent ces écluses accouplées et d'en équilibrer ainsi la tension.

« On règle à l'origine la quantité d'air renfermée dans le système des gazomètres et des conduites, de telle sorte que les deux bacs se trouvent en même temps au niveau du bief intermédiaire, ou bien que, l'un d'eux étant au niveau du bief supérieur, l'autre se trouve au niveau du bief inférieur; admettant que ce système puisse se maintenir ainsi sans déperdition d'air, il est réglé pour toujours, et des manœuvres fort simples permettront de le faire fonctionner; en effet, les gazomètres communiquant dans les conditions qui viennent d'être indiquées, il y a équilibre dans le système, et les deux bacs forment les deux plateaux de ce que l'auteur a appellé une balance aérohydrostatique : lorsqu'il y a communication complète et libre de l'air comprimé, dans tout le réseau, une faible surcharge ajoutée à l'un des bacs augmente la pression de l'air des gazomètres correspondants, et cet air s'écoule à l'autre extrémité du système, en soulevant le bac opposé d'une hauteur égale à celle dont s'abaisse le premier.

« La fermeture de la communication par laquelle s'écoule l'air comprimé arrête immédiatement le mouvement en même temps qu'un frein d'une disposition spéciale fixe d'une manière stable la position du bac, quelque variation que puisse d'ailleurs éprouver la tension de l'air des gazomètres.

« M. Seiler emploie l'eau comme surcharge; dans ce but, il donne au plafond de chacun des biefs du canal une pente telle que la tenue d'eau y soit de $0^m,10$ plus considérable à l'aval qu'à l'amont, c'est-à-dire qu'elle soit de $2^m,50$ à l'aval, par exemple, si elle est à l'amont de $2^m,40$. Dans ces conditions, si l'on suppose que les deux bacs aient été mis respectivement en communication avec les biefs supérieur et inférieur, le bac supérieur aura, comparé au bac inférieur, une surcharge d'eau de $0^m,10$; et, aussitôt la communication de l'air établie dans le gazomètre, il s'abaissera jusqu'à ce qu'il arrive au niveau du bief intermédiaire, niveau qu'atteindra en même temps le bac inférieur dans son mouvement ascendant; tous deux s'y arrêteront par la fermeture de la communication d'air et y seront fixés à l'aide du frein dont il a été parlé ci-dessus. Si maintenant ces bacs sont mis en rapport avec le bief intermédiaire, l'effet inverse se produit, c'est-à-dire que le bac supérieur y écoule sa surcharge d'eau que prend à l'autre extrémité le bac inférieur, et aussitôt le frein desserré et la communication de l'air rétablie, un nouveau mouvement de bascule replace les diverses parties du système dans leur position primitive.

« On voit qu'une semblable opération, qui n'est autre en résumé qu'une éclusée, ne dépense, au maximum, qu'une tranche d'eau de $0^m,10$ de hauteur, c'est-à-dire, 36 mètres cubes, ou 1/25 environ de la quantité

d'eau exigée par une éclusée dans le système ordinaire avec chute de 2m,50; la manœuvre des bateaux se fait d'ailleurs tout naturellement au moment des diverses communications des biefs avec les bacs, sans que leur présence dans les bacs change rien aux conditions d'équilibre et de mouvement qui viennent d'être indiquées.

« Dans le projet de cet appareil, les gazomètres ont 10 mètres de diamètre; la surface sur laquelle se répartit le poids d'un bac, soit 1,100,000 kilogrammes, est, par conséquent, de 314 mètres carrés; l'air y est donc à la pression de 3m,50 d'eau environ, soit un peu plus d'un tiers d'atmosphère.

« Quant à la surcharge d'eau de 0m,10, répartie sur la surface du bac, elle répond à un poids de 36,000 kilogrammes, auquel il convient d'ajouter, à l'origine du mouvement, celui de 6,289 kilogrammes, provenant de la différence de poids des quatre gazomètres hors de l'eau et immergés; elle donne lieu ainsi à une tension excédante de 0m,13 à 0m,10 d'eau, sous laquelle s'écoule un cube d'air de 3,140 mètres pour une hauteur de chute de 10 mètres; l'écoulement aura lieu en deux minutes environ, en admettant dans ces conditions une vitesse d'écoulement de 39 mètres par seconde pour un tuyau de 0m,80 de diamètre; il en résulte que le mouvement des bacs s'effectuera avec une vitesse de 0m,077 par seconde... »

M. Badois a cité ces extraits parce qu'ils marquent le commencement et comme la vision des progrès qui ont été réalisés depuis lors.

M. Seiler avait remplacé les chaînes s'enroulant sur des poulies à gorge de l'écluse de Taunton par des gazomètres à air comprimé, réunis par une conduite munie d'une valve. La conduite est mise en outre en communication avec des accumulateurs d'air comprimé ; deux bacs d'un poids égal se font équilibre; le mouvement est produit par une surcharge d'eau qui soulève l'un des gazomètres en faisant s'abaisser l'autre; et ce qu'il y a de remarquable dans le projet de M. Seiler, c'est qu'il avait ainsi prévu, avec l'emploi de l'air comprimé, le principe appliqué dix ans plus tard à Anderton, mais avec l'emploi de l'eau comprimée.

Il avait trouvé le même système pour la jonction des sas et des biefs et la manœuvre des portes: l'extrémité du bief porte un cadre en bois, coupé obliquement et garni de gutta-percha ; le sas mobile, terminé d'une manière concordante vient s'appliquer contre ce cadre par l'effet de la pression due à la surcharge et l'étanchéité est ainsi obtenue. Pour faire communiquer le sas avec le bief, on introduit l'eau, au moyen d'une valve, entre les deux portes qui ferment l'une le bief, l'autre le sas mobile; le niveau s'établit, les pressions s'égalisent de part et d'autre, on lève les portes et le bateau passe.

M. Badois rappelle ces dispositions, parce qu'elles sont en effet employées, sauf les détails pratiques d'exécution, dans les appareils qui ont été exécutés plus tard. C'est tout ce qu'il dira sur le système de M. Seiler, qui n'a pas reçu d'application effective.

L'air comprimé n'offrait sans doute pas assez de sécurité; il devait y avoir des déperditions, et il fallait des pompes à bras pour y parer; on n'était pas sûr que la température de l'air n'influerait pas sur la différence des niveaux.

C'est en 1874 et 1875 que les ingénieurs anglais, qui avaient à résoudre un problème analogue se sont préoccupés de la question. A Anderton, il s'agissait de faire communiquer un canal avec une rivière qui se trouvait à 15^{m},35 plus bas. La communication pouvait se faire par une chaîne d'écluses établies sur un long circuit: cette idée fut abandonnée à cause du grand espace occupé par les écluses, du temps exigé pour le passage et de la pénurie d'eau dans le canal. M. Williams, l'ingénieur du canal, eut l'idée d'établir une presse hydraulique pour descendre les bateaux du bief supérieur dans le bief inférieur, et les élever de l'un dans l'autre. Il se mit en rapport avec M. Edwin Clark, qui trouva l'idée bonne. M. Duer fut chargé d'étudier la question, et on décida l'exécution de cet ouvrage.

L'ascenseur d'Anderton a fonctionné pendant sept années d'une façon remarquable. Il subit alors en 1882 un accident, réparé depuis: l'une des presses se brisa, mais, en somme, cet ascenseur a donné toute satisfaction et a prouvé que les principes sur lesquels il est établi étaient admirablement conçus; toutefois, l'accident survenu a montré qu'il y avait quelques précautions à prendre pour assurer dans l'avenir la sécurité de ces appareils.

Quoi qu'il en soit, le succès de l'écluse d'Anderton fut le point de départ de nouvelles études tant en Angleterre qu'en France, en Belgique et qu'en Allemagne. L'ascenseur d'Anderton était fait pour des bateaux de 100 tonnes. On voulut l'amplifier.

On construit en ce moment, en France, au canal de Neuffossé, un ascenseur hydraulique pour bateaux de 300 tonnes, et le gouvernement belge en fait étudier un pour des bateaux de 400 tonnes. Ceci démontre bien l'importance de ces questions. Je crois donc intéressant de donner quelques détails sur ces différents ascenseurs, et, d'abord, sur celui d'Anderton.

Voici la traduction d'un passage de la communication faite par M. Duer, l'ingénieur qui a dirigé en détail toute la construction, à la Société des Ingénieurs civils de Londres, et qui résume les idées qui ont donné naissance à cet appareil.

« La différence des niveaux est de 50 pieds, 4 pouces (15^{m},35).

« Le problème à résoudre consistait à projeter un moyen expéditif de « mouvoir les bateaux sur toute cette hauteur en occupant un faible espace « et en usant aussi peu d'eau que possible.

« Il parut convenable que les bateaux fussent élevés dans un bac rempli « d'eau pour éviter tout danger dans le cas où leur cargaison se dépla- « cerait.

« Cela nécessitait le soulèvement du poids de l'eau du bac aussi bien que « celui des bateaux, et exigeait l'emploi d'une puissante machine à vapeur. « Il fut alors proposé de faire l'élévateur double, c'est-à-dire d'avoir deux « bacs égaux qui, étant conjugués, se contrebalanceraient l'un l'autre, ce qui

« n'exigerait plus qu'une machine bien moins puissante : ceci fut ultérieu-
« rement complété par l'idée d'introduire dans le bac supérieur un peu d'eau
« du niveau d'amont pour le rendre plus pesant que le bac inférieur et lui
« faire ainsi produire dans sa descente à peu près tout le travail d'élévation
« de l'autre bac. »

Suit la description de l'ascenseur que M. Badois résume succinctement :

Un aqueduc métallique supporté par des colonnes et fermé à ses deux extrémités par des portes, met en communication l'appareil et le canal. Les deux sas sont disposés latéralement l'un à côté de l'autre; chacun d'eux a la forme d'une poutre parabolique, droite à sa partie inférieure et est porté en son milieu par un piston de presse hydraulique. Cette presse est logée dans un puits creusé dans le sol à la profondeur convenable. La coupe transversale représente l'un des bacs descendant et l'autre bac montant; ils sont tenus en équilibre par l'intermédiaire de l'eau comprimée des deux presses hydrauliques qui communiquent ensemble par le moyen d'un conduit muni d'une valve qui peut ouvrir ou fermer à volonté la communication et qui est manœuvrée par un mécanicien qui peut également mettre en communication l'une ou l'autre presse avec un accumulateur au moyen d'autres valves.

Lorsqu'un bateau arrive en haut par l'aqueduc, il entre dans le sas supérieur, arrêté au niveau d'amont, tandis que l'autre sas est au niveau d'aval. On introduit ensuite dans le bac supérieur en même temps que le bateau une tranche d'eau de $0^m,15$ de hauteur de plus que la tenue d'eau du bac inférieur, de sorte qu'il est surchargé, ce qui fait qu'au moment où l'on ouvre la valve de communication entre les deux presses, le sas supérieur s'abaisse, en faisant remonter l'autre sas. Le bateau et le sas qui le contient continuent à descendre, jusqu'au moment où, dans ce système, le sas vient, par son fond, à toucher l'eau de la rivière; le sas s'immerge alors et perd successivement de son poids, proportionnellement à l'eau qu'il déplace; le mouvement finit par s'arrêter, la surcharge motrice étant progressivement annihilée.

A ce moment, le mécanicien qui se trouve dans la chambre de manœuvre a fermé la valve de communication des deux presses; il ouvre, au contraire, la valve faisant communiquer la presse du sas montant avec l'accumulateur, et termine ainsi le soulèvement de ce sas jusqu'au niveau de l'aqueduc d'amont. Il ferme alors la communication avec l'accumulateur; la manœuvre des portes s'effectue et un second bateau peut passer de l'aqueduc d'amont dans le sas élevé pendant que le bateau descendu a passé dans le bief d'aval et a pu être remplacé par un autre dans le sas abaissé, et l'appareil est prêt à se remettre en mouvement dès que l'ouverture de la valve mettra de nouveau les deux presses en communication.

On remarque, dans cette disposition, que la presse qui supporte chaque sas est unique et centrale; les dimensions n'en sont pas trop exagérées : le piston a $0^m,91$ de diamètre. Les sas ont 27 mètres de longueur et tiennent normalement $1^m,35$ de hauteur d'eau. Tout cela est établi dans de

bonnes conditions d'exécution pratique, que les constructeurs abordent facilement.

On remarque aussi que le parti adopté de faire plonger le bac descendant dans l'eau d'aval avant d'arriver à l'extrémité de sa course exige, un effort extérieur pour faire parcourir aux deux sas la dernière partie de leur course. On a objecté que cela constituait une dépense inutile de force motrice à chaque opération, mais M. Badois pense que cette critique est faite à tort, car la dépense effective est relativement faible et ne saurait être balancée avec la sécurité qui en résulte pour l'appareil.

M. Duer tient beaucoup à cette disposition, tandis qu'elle a été abandonnée par M. Clark. M. Duer soutient qu'elle est essentielle au point de vue de la sécurité. Et, en effet, qu'il survienne un accident, qu'un tuyau contenant l'eau comprimée, crève, qu'une presse éclate, le sas portant son bateau est précipité rapidement vers le bas, et lorsqu'il arrive à toucher l'eau, sa chute se trouve amortie comme par une sorte de coussin; car l'eau n'est pas expulsée, mais seulement refoulée latéralement. Le sas peut être projeté avec force, il est vrai, mais après quelques centimètres de descente dans l'eau, la dénivellation a produit une sous-pression croissante qui a détruit l'effet du choc et l'a rendu peu dangereux en lui donnant un certain temps d'amortissement.

Au contraire, si ce matelas d'eau n'existe pas, le sas tombant sur le fond de la cale serait inévitablement brisé par la violence du choc que rien n'aurait pu atténuer.

C'est là une particularité très intéressante et très importante de ce système. Et le peu de dégâts causé au bac d'Anderton lors de l'accident de 1882, alors qu'il est tombé de toute la hauteur de 15 mètres en pleine charge, démontre combien ces prévisions étaient justifiées.

M. Badois dit que la surcharge était de 0m,15 d'eau, c'est-à-dire que, dans l'un des sas, celui qui s'élève, il y a quatre pieds et demi d'eau, et dans l'autre, celui qui descend, il y a cinq pieds d'eau. Or, les bacs sont alternativement élevés et descendus. Il s'ensuit que lorsque celui qui contient cinq pieds d'eau en descendant s'immerge dans l'eau d'aval, il ne perd de son poids que par le fait du déplacement d'eau qu'il produit. Pour le mettre à même de se retrouver dans les conditions voulues pour être élevé à son tour, il faut lui enlever les 0m,15 d'eau qu'il contenait à titre de surcharge pour la descente, mais qui s'opposeraient maintenant à son soulèvement par l'autre sas surchargé à son tour de la même quantité d'eau.

Pour cela M. Duer a imaginé un système fort ingénieux. Il a disposé le long du sas un certain nombre de siphons ayant une branche courte et étroite plongeant dans l'eau du sas et une branche longue et large descendant à l'extérieur jusque près de l'arête inférieure du sas.

Au moment où l'immersion se produit dans l'eau du bief d'aval cette eau pénètre dans la grande branche extérieure du siphon, et refoule l'air qu'il contient, lequel s'échappe par la branche courte. Lorsque le sas est

immergé, il n'y a plus que très peu d'air dans le siphon. Mais, au moment où le sas commence à remonter par l'effet de la surcharge appliquée à l'autre sas, la grande branche du siphon tend à se vider d'eau, l'air, alors, s'y trouve dilaté et, sa pression diminuant, l'eau de l'intérieur du sas est aspirée, le siphon s'amorce et l'écoulement continue jusqu'au niveau de l'orifice de la courte branche qui est précisément placé au point voulu pour l'enlèvement des $0^m,15$ d'eau en question et pas plus; de telle sorte que quand le sas montant sort de l'eau d'aval il ne contient plus que quatre pieds et demi d'eau et il est naturellement entraîné par l'autre sas qui contient, lui, à ce moment, cinq pieds d'eau.

M. Badois pense que ces explications sont suffisantes pour bien faire comprendre ce système.

Le gouvernement français a fait étudier l'appareil d'Anderton avec beaucoup de soin par ses ingénieurs, en vue de l'établissement d'un appareil semblable au canal de Neuffossé, au lieu dit *Les Fontinettes*, pour des bateaux de 300 tonnes. La hauteur à franchir est de $13^m,13$.

On a demandé des projets aux auteurs de l'ascenseur d'Anderton, à M. Clark et à M. Duer.

Le projet de M. Duer se rapproche de celui d'Anderton; il a conservé le principe de l'immersion des sas dans l'eau d'aval, mais il a changé les dispositions de construction de l'appareil; il n'a plus employé une presse unique et centrale, pour supporter chaque sas, et voici ses raisons :

Il prétend que, pour des bateaux de 300 tonnes, il faut donner à la presse unique des dimensions exagérées, soit 2 mètres de diamètre. Or, le poids de l'appareil devient d'autant plus considérable que, le sas étant soutenu par son point milieu, la moitié de la longueur se trouve en porte à faux de chaque côté, ce qui, pour faire travailler le fer dans les conditions ordinaires de sa résistance, exige un grand poids de métal d'autant plus désavantageux qu'il coûte cher et charge inutilement les presses. M. Duer a supposé qu'il y aurait plus d'avantage, au point de vue économique, à employer deux presses au lieu d'une seule en les plaçant de chaque côté, au quart de la longueur. Les porte à faux sont ainsi diminués.

On a fait à ce système l'objection que les charges peuvent ne pas se diviser également entre les deux presses et qu'il en résulterait alors des efforts obliques nuisibles au bon fonctionnement comme à la sécurité.

Pour y parer, M. Duer compose chacune de ses presses, de deux corps de presse ayant chacun son piston et il les conjugue non pas ensemble, mais séparément, avec les corps de presse symétriques du groupe opposé.

De cette façon, si une inégalité de poids se produit à droite de l'axe, par exemple, il y a transmission immédiate au groupe de gauche et l'équilibre se rétablit instantanément et automatiquement. L'appareil y gagne donc, au contraire, en sécurité et d'autant plus que si l'un des corps de presses vient à se rompre, son conjugué opposé se trouvant immédiatement aussi hors de service, il reste encore deux presses qui sont construites

dans ce but, assez fortes pour supporter le bac, et tout accident est évité. Une figure tracée au tableau indique cette disposition spéciale.

Les deux groupes de presses de chaque sas sont de plus mises en communication avec les quatre presses de l'accumulateur et de telle sorte que la manœuvre des valves de communication n'est pas plus compliquée qu'à Anderton.

M. Duer avait surtout en vue dans ce projet, d'abord la sécurité et en second lieu aussi l'économie et la facilité de la construction; sous ce rapport, quand pour Anderton il avait dû discuter avec les entrepreneurs les conditions d'exécution de la presse de 91 centimètres de diamètre et de son piston, il avait reconnu déjà la difficulté d'obtenir avec ces dimensions une matière absolument saine dans toutes ses parties, et il s'est demandé si, avec un piston de 2 mètres de diamètre, on sera bien sûr de la qualité de la matière employée en raison de l'épaisseur exigée. Il est probable qu'en donnant aux presses 1 mètre de diamètre seulement, on est plus certain d'une bonne exécution, tandis que, au-dessus de ce diamètre, on est amené à l'emploi de l'acier sans être sûr d'obtenir une fabrication parfaite et d'avoir une matière exempte de défauts.

Le projet de M. Duer pour l'écluse des Fontinettes peut donc être considéré comme étant le même que celui d'Anderton, mais amplifié et amélioré comme sécurité.

Le système Clark, qui a été adopté, est assez différent de celui qui vient d'être indiqué. M. Clark a abordé franchement la question d'une presse unique et centrale de 2 mètres de diamètre, mais il a supprimé le principe de l'immersion du sas descendant dans l'eau d'aval, et il a employé une cale sèche pour le logement de ce sas. Il n'y a plus alors de temps d'arrêt dans la descente, mais aussi il n'y a plus la même sûreté dans la manœuvre faite par le mécanicien, pour la fermeture de la valve de communication des presses.

En effet, lorsque le sas inférieur vient à plonger dans l'eau, il y a arrêt dans le mouvement; c'est alors que le mécanicien ferme sa valve.

Il a tout le temps pour le faire et s'il fait un faux mouvement ou trop brusque ou trop lent, cela n'a pas grand inconvénient puisque l'immersion du bac surchargé a rétabli l'équilibre des deux sas.

Il n'en est pas de même avec une cale sèche: une fermeture trop tardive de la valve peut laisser le sas s'affaler à fond de cale et causer un accident.

M. Clark a bien pensé que là il pouvait y avoir un danger. Il a voulu y remédier et il a imaginé de rendre constant l'équilibre des deux sas au moyen d'appareils compensateurs très ingénieux. D'un autre côté la presse unique oblige l'emploi d'un immense piston qui, entre autres a un grave inconvénient : il déplace un volume d'eau considérable; pour 2 mètres de diamètre et 20 mètres de hauteur, cela fait 60 mètres cubes. Lorsque le piston se trouve en l'air, il pèse donc 60 tonnes de plus que lorsqu'il est plongé dans l'eau de la presse. Donc, l'appareil élévateur de droite, par exemple, étant en haut de sa course et celui de gauche au bas

de la sienne, il peut y avoir à un moment 120 tonnes de différence de poids entre les deux appareils, rien que par le fait de la sortie et de la rentrée alternatives des pistons dans les corps de presses.

Pour annuler les effets de ces différences de poids, M. Clark a mis chacun des sas en communication avec une colonne d'eau de même hauteur et de même diamètre que celle engendrée par la course des pistons. La jonction se fait par le moyen de tuyaux à joints articulés. L'eau de la colonne se met donc toujours de niveau avec l'eau du sas, et, au fur et à mesure que celui-ci descend, le niveau d'eau de la colonne s'abaisse, et une quantité d'eau rentre dans le sas et compense la perte de poids du piston par suite de son immersion. Les deux appareils sont ainsi toujours absolument équilibrés ; lorsque le piston perd de son poids par son immersion, il rentre dans le bac une petite surcharge exactement égale à ce poids perdu.

Il paraîtrait que c'est ce dispositif ingénieux qui a fait adopter, aux Fontinettes, le système de M. Clark, de préférence à celui de M. Duer.

Eh bien, ce serait regrettable, car ces colonnes compensatrices tout intéressantes qu'elles soient, vont, suivant M. Badois, à l'encontre du but que l'on devait se proposer. Et, en effet, l'on trouve un grand avantage dans le système d'Anderton, au point de vue du mouvement des charges mobiles. L'on ne doit pas considérer seulement que les deux poids de 800 tonnes chacun se font équilibre, mais surtout que ces poids sont mis en mouvement par suite d'un surcroît de charge ajouté à l'un d'eux. Il ne faut pas considérer ces charges en un mot comme étant à l'état statique : il faut les considérer dans leur mouvement.

Or dans le système d'Anderton et de M. Duer, à la surcharge d'eau d'environ 15 tonnes, s'ajoute, au moment du départ, le poids du piston non immergé du bac supérieur.

Le poids du bac inférieur étant, d'autre part, d'autant moindre que son piston est alors immergé dans l'eau de sa presse, il en résulte qu'au moment où le mécanicien ouvre la valve de communication des deux presses pour opérer une descente, et où, par conséquent, la vitesse est nulle, il y a un grand excès de surcharge pour produire le mouvement.

C'est ce qu'il faut justement, pour vaincre les frottements et l'inertie du départ et obtenir un mouvement promptement rapide, mais il faut craindre d'autre part l'excès d'accélération due à la pesanteur. Or, au bout de peu d'instants, elle se trouve naturellement atténuée, parce que l'un des pistons en plongeant dans l'eau et l'autre en sortant diminuent progressivement le poids moteur. A la force accélératrice de la pesanteur se trouve donc opposée une force retardatrice qui agit surtout efficacement vers la fin de la descente au moment où le sas doit s'arrêter.

La vitesse, nulle au départ, s'accroît successivement d'abord, puis décroît progressivement ensuite et enfin redevient nulle après que le sas s'est quelque peu enfoncé dans l'eau du bief d'aval.

Ces conditions de mouvement sont parfaites et c'est évidemment ce qui a fait le succès de l'écluse d'Anderton.

Dans l'appareil Clark, nous n'avons plus ces mêmes conditions; nous avons deux corps équilibrés à tout instant et mus par une surcharge; si elle est faible, mettez 5 tonnes, le mouvement s'opérera, très lentement d'abord, mais en croissant toujours : ce sera une masse de 5 tonnes qui tombera avec une vitesse accélérée jusqu'à la fin de la course.

C'est à cet instant qu'un faux mouvement du mécanicien peut être fatal, car s'il ne s'y prend pas assez à temps pour fermer la valve, il s'expose à devoir la fermer brusquement au moment où la vitesse est la plus grande et à briser tout. D'autre part, on ne peut réduire trop la surcharge en vue de diminuer la vitesse à fin de course, sous peine de ralentir par trop le mouvement de descente et d'employer un temps exagéré à la manœuvre.

En résumé le projet de M. Clark pour les Fontinettes est ingénieux, mais M. Badois doute qu'il soit préférable au système d'Anderton et au projet de M. Duer. Il serait à désirer que ce dernier projet fût également exécuté en France, avec des conditions de chute et de tonnage analogues pour fournir un point de comparaison pratique entre les deux systèmes en présence.

Telles sont les explications que M. Badois avait à donner sur ces appareils; la communication de M. Harrand décrit l'application proposée de l'ascenseur Clark au canal de la Garonne à la Haute-Loire, mais avec une modification; les deux sas sont disposés bout à bout, longitudinalement, au lieu d'être accolés latéralement.

Ils sont alors établis en escaliers et les presses communiquent entre elles au moyen d'un conduit d'une certaine longueur. Lorsque le sas amont a effectué toute sa course en descendant, il se trouve en présence du sas aval qui a opéré inversement sa course en s'élevant, ainsi que le montre l'épure tracée au tableau.

M. Badois fait remarquer que cette manière de conjuguer les ascenseurs ne permet pas de faire descendre un bateau quand l'autre monte, mais cela permet de franchir une hauteur double. Le bateau venu d'amont franchit d'abord la moitié de la chute dans le sas amont, il passe alors dans le sas aval et descend avec lui l'autre moitié de la chute; il faut attendre que le bateau ait fait cette double descente avant de faire monter un autre bateau.

Le passage de l'écluse s'opère ainsi deux fois moins vite que lorsqu'un bateau monte en même temps que l'autre descend; mais tout ceci est en rapport avec le trafic prévu. Le mouvement du canal de la Loire à la Garonne ne paraît pas devoir exiger une rapidité plus grande et ce système conviendrait très bien, d'autant plus que le passage des bateaux serait accéléré par l'emploi de cabestans hydrauliques, car on sait qu'au passage des écluses ordinaires la manutention des bateaux se fait avec des hommes et des chevaux, et va très lentement; tandis qu'ici l'opération se ferait rapidement sans hésitation avec la force hydraulique nécessaire.

Une autre remarque à faire sur l'ascenseur proposé par M. Rozat de Mandres et décrit par M. Harrand, c'est qu'on n'y a pas appliqué les colonnes compensatrices de l'ascenseur des Fontinettes et dont il a déjà été question. A-t-on craint la complication des tuyaux à joints articulés,

ou bien a-t-on jugé que, le canal étant bien alimenté, il n'était pas nécessaire de pousser aussi loin l'économie d'eau? C'est possible, mais il est aussi permis de supposer qu'on a compris que l'équilibre constant des sas était, au point de vue du mouvement, une condition défavorable.

M. Badois donne ensuite lecture du mémoire de M. Harrand. L'insertion de ce travail devant être faite *in extenso* au *Bulletin* mensuel, il suffira de le résumer ici en ses points principaux.

M. Harrand compare d'abord, en général, les ascenseurs hydrauliques aux écluses ordinaires et fait ressortir, pour les grandes chutes, les avantages des premiers qui permettent de franchir une hauteur donnée en dix fois moins de temps qu'avec les écluses. Il en résulte un abaissement virtuel des altitudes des différents biefs et un allongement virtuel moindre dans les distances, dans les proportions de 10 à 1, ce qui rend praticable l'exécution de canaux suivant des tracés inadmissibles auparavant.

L'économie produite dans la dépense d'eau est dans une proportion semblable, puisque le passage d'un bateau de 300 tonnes à travers dix écluses de 3 mètres de chute exige une dépense d'au moins 600 mètres cubes d'eau, et qu'un seul ascenseur opérant le même passage sur 30 mètres de hauteur ne nécessite qu'une dépense de 50 à 60 mètres cubes d'eau.

L'auteur fait ensuite ressortir la sécurité des ascenseurs, leur coût de construction relativement faible eu égard aux services rendus, enfin les frais peu élevés qu'ils exigent pour l'exploitation et l'entretien.

Entrant alors dans le détail, il étudie les dispositions à appliquer dans les différents cas et conclut pour le canal de la Garonne à la Loire supérieure à l'adoption du type d'ascenseur longitudinal avec sas bout à bout qu'il décrit et qui serait établi sur les dimensions suivantes pour des bateaux de 300 tonnes.

Longueur des sas mobiles.	$40^m,60$
Largeur desdits	$5^m,80$
Mouillage normal	$2^m,20$

Presse hydraulique unique de 2 mètres de diamètre.

Des détails sont donnés sur le mode de fonctionnement, le personnel d'exploitation, les conditions théoriques du mouvement des sas, le calcul des courses des pistons et la manœuvre d'un bateau traversant l'appareil. Le poids d'une des branches mobiles se décompose ainsi :

Poids du sas et du piston environ	300 tonnes.
Volume d'eau normal.	520 tonnes.
Tranche d'eau formant surcharge	60 tonnes.
Poids de la branche d'amont	880 tonnes.

Le poids de la branche d'aval serait plus élevé de 50 tonnes environ, à

cause de la surcharge permanente qu'il faut lui appliquer comme l'explique M. Harrand par suite de l'établissement des deux branches à des niveaux différents.

La pression maximum dans les presses serait de 28 atmosphères et demie; la durée du passage d'un bateau pour franchir la totalité de la chute de 30 mètres serait variable suivant les cas de 18 à 23 minutes.

Enfin M. Harrand indique l'influence possible de la gelée sur les faîtes traversés à de grandes hauteurs, et il examine les précautions à prendre pour en prévenir les fâcheux effets. La plus efficace paraît être de vider complètement les appareils au moment des gelées et de les laisser en chômage pendant toute leur durée.

Le mémoire se termine par l'étude de l'accident survenu le 18 avril 1882 à l'ascenseur d'Anderton, par la rupture de l'une des presses.

Voici comment M. Harrand expose les conditions dans lesquelles l'accident s'est produit :

« L'ascenseur avait fonctionné régulièrement plusieurs fois le jour même de l'accident. Les sas occupaient leurs positions extrêmes, l'un au bas, l'autre au sommet de la course.

« Un bateau s'étant présenté à l'aval, le mécanicien, après avoir rempli l'intervalle entre la porte du sas supérieur et celle de l'aqueduc, levait cette dernière; elle était montée de $0^m,40$ environ, lorsque le sas s'affaissa avec une vitesse que le mécanicien dit avoir été relativement faible; ce sas, qui ne contenait que le volume d'eau normal et par conséquent sans bateau s'immergea dans le bief d'aval sans éprouver de dommage. Pendant cette chute, une lame d'eau se déversait dans le sas par la porte soulevée; une autre porte fermant l'extrémité de l'aqueduc à sa jonction avec le canal de Trent et Mersey, la perte en eau fut limitée au volume contenu dans l'aqueduc.

« Un ouvrier se trouvait dans la galerie des presse-étoupes au moment de la rupture, il dit avoir vu un fort jet s'élancer par une fissure qui s'était déclarée au droit de la tubulure de jonction de la presse avec le tuyau de communication, puis avoir été projeté par une venue d'eau subite en dehors de la galerie dans le puits d'accès.

« On a reconnu, après épuisement, qu'un morceau de l'anneau supérieur de la presse, côté amont, en avait été détaché et qu'une des cassures passait par l'orifice du tuyau de communication. »

Quelles ont été les causes de cet accident? M. Harrand indique successivement toutes celles qui ont été données comme possibles. On n'a pas manqué naturellement de faire intervenir des vices de construction dans les appareils, insuffisance des guidages, oscillations produites par l'action du vent sur la grande surface du sas, mauvaise qualité de la fonte ou défaut dans la matière. Mais on n'a pas beaucoup soutenu ces assertions.

On a prétendu qu'au moment où le sas montant venait rencontrer le bief d'amont, il aurait pu se produire un défaut d'aplomb et par suite un effort oblique qui s'était reporté à la jonction du piston et du sas et contre le

presse-étoupe de la presse. M. Badois pense qu'il est douteux que l'amplitude du mouvement supposé soit assez grande pour dépasser les conditions d'élasticité de la construction métallique, d'autant plus qu'une soupape de sûreté, disposée près du cadre de jonction du sas avec le bief d'amont, s'ouvre dès que le sas tend à dépasser le point limite qu'il doit atteindre et arrête alors instantanément le mouvement.

On a dit aussi qu'il y avait défaut de parallélisme entre la ligne du guidage et la trajectoire des pistons au passage des presse-étoupes.

Enfin on a incriminé même le renouvellement fréquent de l'eau des presses d'Anderton par la communication obligée à chaque opération avec l'accumulateur.

Il n'est pas prouvé que toutes ces causes soient réelles et que, même réunies, elles aient pu produire l'accident.

Il est probable que la cause effective est un tassement du sol sur lequel reposait le fond de la presse. Certains indices accusent ce tassement qui aurait amené une certaine obliquité du piston par rapport à la presse et la rupture survenue à l'anneau supérieur semble confirmer que cette explication est la véritable.

On remarque aussi, avec raison, que la cassure passe par le centre de la tubulure du tuyau de communication, laquelle a un diamètre de 127 millimètres; donc, au point faible de l'anneau, ce point avait été renforcé cependant par une surépaisseur de la fonte, tout autour de l'orifice, bien supérieure au vide de cet orifice; malgré cela ce point est resté faible, et la preuve c'est qu'il a cédé le premier.

Dans la réparation qui a suivi l'accident, au lieu de faire arriver l'eau dans la presse par un seul point, on l'y introduit par quatre orifices disposés à égale distance sur la circonférence et à des niveaux différents, de manière à diviser autant que possible les chances de faiblesse, et à permettre une consolidation plus efficace.

Cette disposition répond d'ailleurs à une objection faite au mode précédent d'arrivée de l'eau qui causait une traction sur l'anneau supérieur de la presse et d'un seul côté, par l'effet de la pression de l'eau dans le tuyau d'amenée, et cette traction, disait-on, aurait pu concourir à l'accident.

Telles sont les principales considérations présentées par M. Harrand, qui ne s'est pas prononcé d'une manière formelle, désirant laisser à chacun le soin d'apprécier les faits qu'il indique ; il termine ainsi son travail :

« Quoi qu'il en soit, que la rupture ait eu lieu par un concours de circonstances et d'efforts extérieurs continus et croissants, ou à la suite d'efforts intermittants, ou bien encore, qu'à toutes ces conditions fâcheuses se soit jointe une cause fortuite (telle que l'introduction d'un corps étranger dans la presse), l'accident est dû à des imperfections dans la construction et dans les détails du projet, qu'on peut éviter...

« L'accident d'Anderton aura l'avantage de fixer l'attention des constructeurs sur quelques détails d'exécution, sans diminuer la confiance que le système inspire. »

M. le Président. Messieurs, quelqu'un a-t-il des renseignements à demander à M. Badois?

M. Ivan Flachat. Je voudrais demander un renseignement à M. Badois : ce renseignement ne concerne pas les appareils, qui sont des plus intéressants et qu'il est impossible de mieux décrire, mais bien l'application qui en est projetée au canal de jonction de la Garonne et de la Loire. Je remarque sur le tableau un profil qui me paraît singulier. Généralement les canaux à point de partage, et celui-ci est un des plus caractérisés, puisqu'il doit réunir deux des plus grands fleuves de France, offrent, sur leur profil en long, l'aspect d'une double parabole dont les sommets se rencontrent aux environs du point de partage, en forme d'accent circonflexe.

Le projet qui nous est présenté offre un aspect bien différent; les pentes les plus rapides sont accumulées aux deux extrémités, et le profil se rapproche d'une parenthèse posée horizontalement, ou plutôt de ce qu'on appelle, en musique, un point d'orgue. Cette disposition extraordinaire m'a frappé à première vue, et je me proposais de demander à M. Badois si M. Rozat de Mandres, l'auteur de ce projet, a eu quelque raison spéciale d'adopter ce profil.

J'ai eu dans les mains, il y a plusieurs années, le projet d'un ingénieur dont les travaux remarquables sont classiques et font autorité en cette matière. C'est Brisson qui, le premier, a indiqué la jonction de la Garonne à la Loire comme toute préparée par la nature, et comme le *desideratum* le plus marqué pour les industries du centre de la France.

Il y a, comme l'a fort bien dit tout à l'heure M. Badois, beaucoup de mines, de houillères et de richesses naturelles à mettre en valeur dans ces contrées, et Brisson, avec cette profondeur de vue qui a fait sa réputation, n'a pas manqué de donner, pour cette jonction de la Garonne à la Loire, une solution qui porte le sceau de son génie, et dont on ne doit, ce me semble, s'écarter qu'à bon escient, et pour des raisons majeures. Le projet de Brisson a été étudié dans ses détails; il a donné les profils, et j'ai eu la chance de les avoir en mains; seulement Brisson ne suivait pas les parcours que paraissent indiquer les localités dont les noms sont rappelés sur le profil figurant au tableau : Ussel, Eygurande, Nades, etc.

Autant que je puisse en juger, on abandonne la Dordogne pour s'engager dans la Corrèze, par un affluent intermédiaire et gravir brusquement les plateaux en accumulant les écluses vers Gimel au-dessus de Tulle. Je n'ai pas de carte sous les yeux...

M. Badois. En voici une. C'est le même tracé, à peu de chose près, que celui de Brisson.

M. Ivan Flachat. Je crois le contraire, et vous en demande pardon, car ici, vous passez par Tulle, et suivez les plateaux avec le chemin de fer et avec la route 89; ce n'est donc pas le tracé de Brisson, qui suit la Dordogne, plus au sud, et rencontre des altitudes bien moindres. Le profil de Brisson présente l'aspect de cette double parabole dont je vous parlais; et, au lieu de passer par le plateau des Mille-Vaches, où vous trouvez la cote

720 mètres, il reste dans la vallée de la Dordogne et, après avoir traversé le faîte séparatif des eaux à l'altitude d'environ 900 mètres, il redescend dans la Sioule; tandis que ce tracé-ci s'écarte de la Sioule pour suivre le plateau où se trouvent Nades et Saint-Éloy. Mais, situation singulière! sur ce plateau des Mille-Vaches, à la cote 720, il n'y a pas d'eau, tandis que sur le parcours de Brisson, à la cote 900 mètres, il y en a beaucoup. On y trouve, en effet, la Dordogne elle-même, qui descend du mont Dore, du sud au nord, et peut alimenter un canal en toutes saisons. Tandis qu'entre Tulle, Eygurande et Saint-Éloy il n'y a sur le parcours du projet de M. Rozat de Mandres, aucun cours d'eau à beaucoup près équivalent.

Voici donc une première différence entre les deux projets, en ce qui touche au mode d'alimentation du canal; mais j'en trouve une seconde non moins importante, que je vous demande la permission de vous signaler aussi.

Vous nous faisiez remarquer, au cours de votre très intéressante communication, que le projet de M. Rozat de Mandres se trouvait sur une grande longueur dans les altitudes élevées, de telle sorte que la navigation devrait être interrompue assez longtemps pendant l'hiver.

En effet, je vois sur le tableau que ce projet se maintient sur une longueur de plus de 200 kilomètres à une altitude moyenne voisine de 600 mètres; tandis que dans le projet de Brisson vous n'avez cette grande altitude qu'à la région du maximum des écluses et sur une distance beaucoup moins longue. Sur la plus grande partie du parcours, il se maintient dans des altitudes qui ne dépassent pas 300 à 400 mètres; ainsi à la jonction de la Dordogne et de la Sumène, en dessous des mines de Champagnac, la cote doit être voisine de 300 mètres. A ce point on est, par le projet de Brisson, sensiblement à la même distance de Bordeaux, que celle où l'on se trouve à Meymac par le projet de M. Rozat de Mandres, mais au lieu de la cote de 650 mètres environ, nous ne trouvons guère que la cote de 320 mètres. De même, au confluent de la Dordogne et du Chavanon, à une distance sensiblement plus grande que celle où l'on se trouve à Eygurande, au lieu de 720 métres d'altitude, on ne rencontre guère que 500 mètres. Je cite cette cote de mémoire, mais je ne crois pas me tromper et il est facile de la vérifier, car il existe un chemin de fer entre la station de Savennes à quelques kilomètres au-dessus de ce confluent, et celle d'Eygurande. On monte de 25 mètres par kilomètre, pendant 8 kilomètres, cela fait 200 mètres. C'est donc 200 mètres à retrancher de la cote 720, soit 520 mètres. Ainsi donc à Savennes, c'est-à-dire, au-dessus de l'embouchure du Chavanon, on serait encore dans des conditions bien préférables comme navigation.

Nous pourrions faire la même remarque sur le versant nord, en comparant les altitudes de Nades et de Saint-Éloy avec celles que l'on trouve à des distances égales dans le lit de la Sioule. Mais il est une troisième considération sur laquelle je voudrais encore appeler votre attention.

M. Badois nous parlait des richesses naturelles des pays traversés,

des minerais de plomb, des houillères de Champagnac, de Messeix, etc. Eh bien, la plupart de ces richesses sont situées dans les vallées, et le tracé par les plateaux ne saurait vraiment desservir les bassins houillers. Les mines de plomb, dont le centre est Pongibaud, sont dans la vallée de la Sioule; et le canal de Brisson touche au mur de l'usine, tandis que les plateaux sont de 400 mètres plus élevés. Ussel et Eygurande sont à 35 et 40 kilomètres de distance de Champagnac, et la Dordogne coule entre les deux à 200 mètres plus bas que la houillère, et 400 mètres plus bas que les plateaux sur lesquels ces villes reposent. Messeix est au bord du Chavanon et le projet de canal par les plateaux ne saurait desservir le bassin de Messeix ni celui de Singles.

Ce sont là, cependant, des intérêts considérables; ainsi, le seul bassin de Champagnac, qui n'est desservi par un chemin de fer que depuis six mois, alimente déjà quatre trains de houille par jour. Je crois que ce serait rendre un mauvais service à ces contrées que de ne pas leur offrir un meilleur débouché; et je crois que Brisson, avec son grand génie, avait trouvé la meilleure solution.

Je demanderai donc à M. Badois de vouloir bien éclaircir mes doutes; je crains que le projet de canal que nous avons sous les yeux, accumulant les différences de niveau aux deux extrémités de ce long plateau de plus de 200 kilomètres de longueur, ne puisse guère être présenté que comme le meilleur type à proposer pour le fonctionnement des ascenseurs hydrauliques, et comme un exemple des dispositions à préférer quand on sera amené, par les circonstances, à l'adoption de ces ingénieux et gigantesques appareils. Il me semble que ce projet a été étudié, avec l'utilisation des ascenseurs comme objectif principal, tandis qu'on semble avoir mis au second plan les conditions essentielles et primordiales qui doivent guider l'ingénieur dans le tracé d'un ouvrage ayant à un aussi haut degré le caractère d'utilité publique.

M. Badois. Je crois que le canal projeté suit, dans la plus grande mesure possible, celui de Brisson. Seulement, pour passer d'un versant sur l'autre, il faut bien gravir le faîte. On a choisi le col le plus déprimé, qui est à la cote de 716 mètres, tandis que Brisson traverse le faîte à la cote 900 mètres environ. Ce col est très pourvu d'eau, et cela se conçoit, puisqu'il est dominé de chaque côté par des collines plus élevées. L'objectif principal du projet est de faire de grands biefs pour faciliter la navigation; le bief de partage a 52 kilomètres de longueur; pour lui maintenir son niveau on a contourné au besoin des contreforts, qu'il eût fallu franchir; cela vaut mieux qu'un chemin plus court avec des écluses nombreuses. Les bassins houillers et les mines sont desservies à leur niveau, les houillères de Commentry peuvent être...

M. Ivan Flachat. Je ne parle pas de Commentry, qu'il ne saurait être question de desservir par le canal de la Garonne à la Loire, et qui touche déjà au canal du Berri, mais de Champagnac et des autres bassins. Si vous voulez me permettre, j'appellerai votre attention sur ce point : je vois le

kilomètre n° 240 inscrit sur le sommet de gauche et le n° 437 sur celui de droite; cela fait environ 200 kilomètres à la cote 600 mètres. C'est ce qui me paraît, dans ce projet, éminemment déplorable! Dans celui de Brisson, vous n'avez ces altitudes que sur une longueur relativement très courte, 35 ou 40 kilomètres, je crois, tout au plus.

M. Badois répond que si le canal passe à la cote de 500, c'est que le pays lui-même, est à la cote 500. Or, il ne s'élève à cette cote que brusquement, au moyen des ascenseurs et en arrivant au pied du massif montagneux après avoir desservi à leur cote toutes les usines, tous les bassins houillers situés dans les vallées.

M. le Président fait remarquer que la discussion du canal de la Garonne à la Loire projeté par M. Rozat de Mandres ne serait utile que si le tracé de ce canal nous avait été décrit. La communication de M. Harrand ne traite que la question des ascenseurs et si M. Badois voulait bien ultérieurement nous faire connaître l'ensemble du projet de M. Rozat de Mandres, M. Flachat pourrait alors nous présenter plus utilement ses observations.

M. le Président charge M. Badois de remercier M. Harrand de sa communication.

M. J. Gaudry annonce que le paquebot *la Normandie*, que nous avons été visiter au Havre, a effectué sa première traversée dans les conditions les plus favorables. La *Normandie*, sortie des jetées du Havre le samedi 5 mai, à 9 heures du matin, est arrivée à New-York le dimanche 13, à 6 heures du soir. La durée du trajet, en tenant compte des 5 heures correspondant à la différence des longitudes, a donc été de 8 jours et 14 heures; cela représente, pour une distance de 3,250 milles, une vitesse moyenne de 15 nœuds 75 à l'heure.

MM. Aulanier, de Baère, Blaise, Coville, Giraudeau, Janet, Lentz, Maigret, Perregaux, Schwartzweber, E. Thareau, ont été reçus membres sociétaires, et M. Bert membre associé.

La séance est levée à dix heures et demie.

COMMUNICATIONS ET DISCUSSIONS RELATIVES

AU

MÉTROPOLITAIN DE PARIS

1872, page 188 et suivantes : Exposé des différents projets de chemins de fer et tramways d'intérêt local à établir dans le département de la Seine, par M. Desgrange.

Système usuel : 1° projet Brame, Flachat et Grissot de Passy, connu

sous le nom de chemin de fer des halles; 2° projet Lemasson; 3° projet Vauthier; 4° projet Ducros, Desfossés et Brunfaut.

Systèmes nouveaux : 5° projet Lavalley et Rostan; 6° projet Bergeron; 7° projet Pochet et Lemoinne.

1872, page 261 et suivantes (séance du 3 mai) : Projet de M. Vauthier sur la ligne des anciens boulevards extérieurs et le quai rive droite de la Seine. (Discussion.) Page 268 et suivantes (séance du 17 mai) : Discussion des chemins de fer dans Paris (suite), MM. Flachat, Vuillemin, Vauthier, etc.

1873, page 130 (séance du 7 mars) : Communication de M. Letellier sur son projet de réseau de chemin de fer dans Paris. Page 136 (séance du 21 mars) : Discussion sur le projet de M. Letellier, MM. Dupuy, Vauthier. Page 211 (séance du 4 avril) : Suite de la discussion sur le projet de M. Letellier, MM. Richard, de Bruignac. Page 223 (séance du 18 avril) : Communication de M. Maldant sur le chemin de fer autour de Paris. Page 235 (séance du 2 mai) : Discussion sur le chemin de fer autour de Paris, MM. Courras, Morandiere, Alphonse Desprès.

1874, page 89 (séance du 6 février) : Chemin de fer dans Paris. Observations de M. Letellier. Page 192 : Notice sur un projet de réseau de chemin de fer dans Paris, par M. Letellier (une carte). Page 229 : Observations faites au projet de chemin de fer dans Paris, de M. Letellier, par M. Alphonse Després.

1875, page 83 (séance du 22 janvier) : Lettre de M. Letellier en réponse aux observations de M. Després.

1882 (séances des 17 et 31 mars, 14 et 28 avril, 5 mai) : Communication de M. Schaller sur le Métropolitain de Vienne (Autriche). — Discussion sur la communication de M. Schaller : MM. Chrétien, Vauthier, Francq. — Discussions sur les métropolitains de Vienne, Berlin, Londres et Paris. — M. Mékarski — Présentation par M. Armengaud du projet de M. Heuzé et du projet de M. Soulié. — Communication de M. Soulié. — Discussion MM. Level, Chrétien, Douau, Vauthier. — Suite de la discussion.

1882 (séance du 7 juillet) : Discussion sur le métropolitain de Paris. — Projet de M. Guerbigny. — Séance du 6 octobre : note de M. Francq. Séance du 20 octobre : Rectification de M. Mékarski. Séance du 3 novembre : Lettre de MM. Mékarski et Francq. Mémoires, p. 539 : Tramway électrique, par M. Chrétien.

1883 (séances des 2 et 16 mars) : Communication de M. Revin sur un chemin de fer aérien dans Paris. — Communication de M. Douau sur le Métropolitain de Berlin et sur le projet de M. Haag pour le Métropolitain de Paris. — Projet de chemin de fer aérien avec moteur électrique présenté par M. Boistel.

VOYAGE AU HAVRE

1re Séance — Samedi 31 mars 1883.

COMMUNICATION DE M. VIAL

A BORD DU REMORQUEUR « LA RÉPUBLIQUE » EN RADE DU HAVRE

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

M. VIAL commence par indiquer la position du remorqueur en dehors de l'avant-port : puis il donne les indications suivantes relatives à la rade :

La marée, au Havre, est de 6 à 8 mètres, de sorte qu'il y a toujours dans l'endroit où la profondeur est minimum 7m,50 à 9m,50 d'eau; c'est un peu plus qu'à New-York. Par conséquent, lorsqu'on demande que les fonds actuels soient approfondis et que ce travail d'approfondissement soit exécuté immédiatement, on se trompe; ce n'est pas là le besoin le plus urgent. La quantité d'eau est suffisante, le tirant d'eau est supérieur à celui du canal de Suez. Ce n'est donc pas dans ce sens que doivent être faites les améliorations du port du Havre. Ce qui gêne souvent, c'est la grosse mer venant du nord-ouest, parce que la rade du Havre est ouverte de ce côté, et que la plus forte mer vient dans cette direction en provenance des côtes d'Angleterre. Au sud-ouest et au sud, on se trouve abrité par les côtes du Calvados.

Autrefois, la Hève se prolongeait plus avant dans la mer jusqu'à un point qui est découvert pendant les mers les plus basses. Les falaises s'avançaient également plus avant; elles ont été détruites vers 1375; et, par suite de cet événement, le faîte le plus élevé est resté comme un récif, du côté de la mer la plus dangereuse. Il y a ensuite une série de hauts-fonds, dont la profondeur dans les plus faibles marées, est de 2 mètres à peu près au-dessous du niveau des eaux. Cet ensemble constitue une véritable digue naturelle, lorsque la mer est basse. Depuis près de deux cents ans, à différentes reprises, tous les marins qui ont fréquenté ou fréquentent aujourd'hui le port du Havre, ont demandé qu'on élevât ces bancs au niveau des plus hautes mers,

pour créer un abri réel en tout temps. C'est là la question importante entre toutes. On cherche un abri et une communication facile avec la terre. On demande que nos paquebots aillent plus vite, mais cela ne peut se faire qu'en diminuant les pertes de temps à l'entrée ou à la sortie. Le *Péreire* a passé vingt et une heures, à son dernier voyage, sans pouvoir communiquer avec la terre. Si les endiguements qui sont demandés avaient été exécutés, il aurait pu remettre de suite les dépêches, les passagers et les marchandises les plus pressées. Un navire à voiles pourrait venir mouiller sur la rade et attendre les ordres de l'armateur, évitant ainsi de grandes pertes de temps et d'argent.

M. Vial fait remarquer que les endiguements qu'il propose dans son projet, ont été acceptés il y a déjà deux cents ans par Vauban, l'idée n'est donc pas nouvelle, elle a été ensuite reprise par Arago, mais sans plus de succès. Leur développement serait de 2.000 mètres, ce n'est certes pas beaucoup; et, comme le sommet des bancs n'est qu'à 2 mètres environ au-dessous du niveau de la mer, que la marée, au Havre, est de 6 à 8 mètres, la hauteur de la digue pourrait être de 10 mètres seulement. En supposant qu'on la fasse aussi large que haute, ce qui lui donnerait des dimensions formidables, ce serait 200.000 mètres cubes de maçonnerie à faire. D'après les renseignements recueillis, la plus grande dépense qu'exigerait cette construction serait de 40 francs le mètre cube; ce serait, par conséquent, une dépense totale de 8 millions pour un premier abri.

Ce travail, qui pourrait s'exécuter en dehors du mouvement des navires, ne gênerait personne et pourrait être fait rapidement. Travailler à des profondeurs variant entre 0 et 2 mètres au-dessous du niveau de l'eau, cela ne présente pas aujourd'hui, de difficultés. A Cherbourg, à Alger, à Plymouth, on a fait des travaux bien plus considérables que ceux dont il s'agit.

La seule objection que l'on fait à ce projet est celle-ci : on prétend que la construction de cette digue créera un obstacle sérieux à l'embouchure de la Seine, et qu'il y aura des envasements. Cette objection est mal fondée. Voici en effet la direction du flot qui vient dans le port : 20 degrés sud-est et 21 degrés nord-ouest. Les courants coulent parallèlement aux bords de la petite rade et entrent par les passes.

C'est comme une cuvette dont les bords sont ébréchés, et qui se remplit par ses côtés; par conséquent, la surélévation qu'on ajouterait aux bancs ne changera pas la direction des courants.

M. Vial indique la route suivie par la *République* après avoir quitté le paquebot *la France;* en ce moment on longe la ligne des hauts-fonds dont l'extrémité est marquée par une bouée à cloche. On pourra rentrer dans la rade par la passe existant en ce point.

Le jusant arrive vite, on voit le courant divisé par le sommet des bancs: cela indique que les sommets font déjà l'effet d'une digue et partagent le courant.

On peut même faire la comparaison suivante : lorsque dans un petit ruis-

seau on jette un caillou, s'il est rapproché de la surface de l'eau, on voit se produire à peu près le même effet.

L'efficacité de la digue proposée serait très grande. La passe devient très difficile, lorsqu'il y a de la houle. Cette houle venant dans une direction déterminée, connue à l'avance; si une digue lui était opposée, les ondulations viendraient frapper et s'annuler en un point tel, que l'on aurait autant d'eau qu'il en faut pour le passage des grands navires.

M. Vial fait remarquer que dans son projet il a ménagé des espaces libres, qui sont ceux créés par les courants eux-mêmes. Entre ces bancs, il y a un intervalle brisé, ébréché, par le passage continuel des eaux. Cette passe serait commode pour venir dans la petite rade. Parmi les objections qu'on a faites au sujet de ces endiguements, c'est que l'espace protégé ne serait pas assez étendu; il y a 92 hectares : ce n'est pas beaucoup en effet, si le navire a besoin d'un aire de 5 à 600 mètres. Il y a des ports très restreints où on met d'avance des points fixes où les navires viennent se fixer; par conséquent, pour 4 ou 5 navires à fort tirant d'eau, ce serait très suffisant. Nous n'avons jamais plus de 2 ou 3 paquebots qui ont besoin d'attendre une marée.

Quelquefois, nos paquebots arrivent ici par une grosse mer et ne peuvent communiquer avec la terre. La *République* va au-devant d'eux; mais, si la mer est mauvaise, on ne peut faire aucun transbordement et elle ne peut prendre personne. Par un temps calme, c'est déjà incommode, surtout quand on a à débarquer des femmes, des enfants, des malades et des bagages, pesant quelquefois 800 kilogrammes ou une tonne.

La *République*, tourne en ce moment autour de la jetée nord pour rentrer dans la passe; en face se trouve le bassin pour les pêcheurs.

Une fois le travail d'endiguement fait, on pourrait facilement draguer la rade et augmenter le mouillage en eau profonde. Ce ne serait pas une dépense à regretter. Si le Havre veut agrandir sa rade, la dépense ne sera pas considérable et sera remboursée immédiatement par de gros bénéfices. On n'aurait pas lieu de se plaindre. Jamais aubergiste n'a été malheureux d'être obligé d'agrandir son hôtel. Le Havre gagnerait beaucoup à cette solution. Tous les navires venant de la mer du Nord, de Hambourg, de Londres, pour aller en Amérique, passent devant, mais ne s'arrêtent pas ici, parce qu'il faut attendre l'heure de la marée. S'il y avait un abri où un navire pût attendre une heure au Havre pour prendre des marchandises ou des dépêches, faire du charbon, compléter son approvisionnement, le port du Havre serait fréquenté par ces navires, qui vont toucher à Southampton ou à Cherbourg, d'autant plus que Cherbourg n'étant pas un centre de production ni de consommation, est moins avantageux pour les navires. Mais, la rade est plus commode. Il y a une ligne anglaise et une ligne allemande qui touchent à Cherbourg.

M. Vial explique ensuite qu'il a voulu arrêter au niveau des plus hautes

mers la crête des digues, parce qu'il en résulte un grand avantage. En effet, lorsque la mer frappe un endiguement, le sommet des lames déferle et passe par-dessus la digue et vient alimenter constamment le bassin intérieur en augmentant son niveau. Le niveau intérieur serait toujours un peu plus élevé que le niveau extérieur. Cet effet se produit dans un grand nombre de ports naturels, dans ceux, par exemple, qui sont fermés par une ceinture de coraux, s'arrêtant toujours au niveau de la mer; il y a toujours plus d'eau à l'intérieur qu'à l'extérieur, et il y a un courant de sortie assez fort pour opérer le dragage. Cela existe à Taïti, à Nouméa, à Pernambuco et dans les îles de l'océan Pacifique. Il paraît que dans les cours de l'École centrale on disait que les Romains avaient fait déjà un bassin de ce genre, afin d'obtenir cet effet de dragage par les courants; le fait signalé est d'ailleurs parfaitement connu par tous les marins.

Il résulte de l'économie réalisée en n'élevant pas les digues au-dessus du niveau des plus hautes mers, une augmentation de niveau à l'intérieur de la rade, qui dispense du dragage lequel, d'ailleurs, se ferait naturellement par les courants.

Il y a encore un autre avantage provenant de cet endiguement. On est souvent très gêné, au Havre, par les galets qui se détachent du fond et qui, entraînés par les vagues dans le cas d'une très grosse mer, cheminent en grande quantité et viennent menacer une partie de la passe.

Sous Louis XIII, et même avant, la passe du Havre a été remplie de galets, qu'on a enlevés à grand'peine. Lorsqu'on aurait supprimé les lames et l'agitation des ondes au moyen de l'endiguement, le galet ne marcherait plus. On n'a pas d'exemple que le galet marche dans une eau calme. Ce sont les vagues qui les soulèvent; ils ne sont détachés du sol que par l'action des vagues. L'endiguement, en s'opposant à la marche des galets et en empêchant ainsi l'encombrement de la passe, aurait encore un autre avantage au Havre : il protégerait en même temps les falaises continuellement frappées par les vagues. Les falaises, d'après ce qu'ont déclaré certains ingénieurs, perdent tous les ans 37 centimètres du côté de la mer.

Dans tous les cas, il y a quatre ou cinq ans, après avoir entendu un bruit formidable, il a été constaté que sur une étendue de 20 mètres il est tombé du haut de la Hève 400.000 mètres cubes d'un seul coup.

En ce moment on étudie un projet de reconstruction d'un port plus avancé. Les indications qui précèdent peuvent être très utiles. Avec l'endiguement on aurait l'avantage, tout en offrant un abri aux navires, de protéger en même temps les côtes contre le choc des lames de la mer.

M. de Coene demande quelques explications en ce qui concerne la question des apports de la Seine.

M. Vial répond que, d'après certains renseignements recueillis, il paraîtrait que les apports de la Seine sont peu considérables, et que ce sont surtout les apports du Calvados, amenés par les marées, qui viennent se déposer tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Il y a en outre les envasements de l'entrée, qui sont dus, dit-on, aux apports de la mer.

M. de Coene ne croit pas que cette hypothèse, car c'en est une, soit facile à prouver.

M. Vial estime qu'on peut calculer l'apport de la Seine. Connaissant le débit du fleuve, le calcul est facile.

Il ajoute que toutes les rades du monde s'envasent plus ou moins vite. A Port-Saïd il vient des apports de tous les côtés. Ici, au contraire, depuis très longtemps, on a assez étudié la question; il n'y a pas eu d'envasement dans cette partie. Il y a eu des débris de falaise qui sont tombés, mais au nord ou à l'ouest du Havre il n'y a pas eu d'envasement. Toute la côte d'Égypte s'est toujours ensablée constamment. Là-bas, en réalité, la position est tout autre. Ici, le jusant vient dans la direction du sud-est; mais comme on n'est pas dans un cul-de-sac, dans un endroit fermé, il ne peut y avoir envasement rapide.

La digue est parallèle au courant et ne lui oppose pas d'obstacle. Elle existe déjà jusqu'à 2 mètres au-dessous du niveau de l'Océan. Il n'y a pas eu d'élévation des bancs, comme on peut le voir sur les cartes dressées depuis déjà quarante ans; il n'y a que la petite rade qui s'est creusée.

En réalité, voici l'entrée où serait le mouillage. C'est un projet de M. de Ligne, qui a été publié en 1869. Voici le port. Cette partie serait la plus fréquentée. Alors les galets n'apporteraient pas de désordre dans les points dont on se sert; il est certain que les galets s'arrêteront au lieu de courir le long de la côte. On aura le même courant qu'auparavant. On laisse subsister toutes les passes que l'eau s'est créées. Voici les directions constatées du courant. Voici le jusant et voici le flot qui suit la côte. On ne prend que les têtes des bancs qui existent déjà. Le jour des grandes marées, on voit une espèce de fleuve limité par ces têtes de bancs. Que l'on ait ici autour des endiguements des dépôts de sable, cela ne causera pas d'ennui. Il est certain que pour avoir une rade bien calme, il faut s'exposer aux inconvénients d'une eau calme. Tous les navires qui viennent dans un abri tiennent à avoir un abri sûr. A Cherbourg, les courants longent la digue, mais ne viennent pas, comme ici, draguer la rade.

Il y a 7 mètres de fond à la basse mer; mais il faut toujours ajouter 30 centimètres, et quand les vents sont de l'ouest 20 centimètres encore. Les marées extraordinaires ne se présentent presque jamais, une fois tous les vingt ou trente ans. Cela est arrivé cette année-ci. A la haute mer, il faut ajouter 6 ou 8 mètres, parce que nos marées varient entre 6 et 8 mètres. Nous ne dépassons jamais $7^m,20$ de tirant d'eau quand nous sortons du Havre. La *Normandie* aura $7^m,40$. La *France* avait $6^m,70$ seulement tout à l'heure.

La *Normandie* n'aura que $7^m,20$ en arrivant de New-York.

M. Vial, en réponse à une question qui lui est adressée par un membre relativement aux deux passes laissées ouvertes dans la digue, répond qu'il y a des courants brisés par les courants eux-mêmes. Au Havre il y a des courants principaux, formés par le flot et le jusant qui viennent dans une direction, et il n'a pas voulu changer la nature du courant.

M. VIAL a indiqué les digues sur les sommets des bancs, de manière qu'elles eussent une base très solide. L'une des passes aurait 400 mètres de largeur; elle est en face de la direction où la mer n'est pas dangereuse.

Il y a un grand nombre de rades qui se trouvent dans ces conditions et qui sont considérées comme parfaitement tranquilles.

La digue serait maçonnée. On jetterait des blocs à la base. Ce serait un travail très facile à faire. Du reste, à cet égard, la question d'exécution est tout à fait spéciale; on choisirait, après étude, le mode d'exécution la plus convenable.

Il y en a plusieurs. Il y a des travaux de ce genre exécutés sur les côtes d'Angleterre. Dans les ports anglais, à Plymouth, par exemple, la digue est très espacée.

Aux îles Malouines, il y a des petits ports ouverts vers le sud, et où des galets sont amoncelés en montagnes. On voit bien que c'est la grosse mer qui va les chercher, les amène et les superpose.

Au sud, il y a des amoncellements de galets, des espèces de dunes qui ont au moins 20 mètres. Du reste, à Étretat, vous avez un cordon de galets très remarquable aussi.

M. VIAL ne fait que répéter ici ce que disent les marins qui sont très compétents dans cette matière, parce qu'ils ont fait des observations dans tous les pays, surtout à la Réunion où il y a des galets et où ils ont pu faire des remarques. Ici, au Havre, il paraît qu'à certaines époques l'entrée était complètement fermée.

Devant les chiffres considérables présentés à la commission d'enquête, et qui s'élèvent à 64 millions, le président de la commission a dit que l'État n'hésiterait pas en présence des graves intérêts en jeu, à donner 100 millions. C'est l'indication qui a été donnée. Avant d'exécuter un travail pareil, il faut étudier la question avec soin pour savoir combien il y aura de travaux à faire.

D'après des documents rassemblés par M. de Ligne qui a cité l'avis du général Allard, en 1869, il résulte que pour une digue de 7 à 8 mètres au-dessus des eaux, comme à Cherbourg, le devis d'ensemble du travail de maçonnerie s'éleverait à 39 millions.

La question est celle-ci : en laissant les courants circuler comme auparavant, l'envasement sera-t-il plus grand? On a dit : vous aurez des bourrelets de vase autour de la digue. Il se formera des dépôts de sable à la base, il y aura des apports dans certains points.

Alors on draguerait! Voilà quel est notre espoir : lorsqu'on se sera servi pendant quelque temps de cet espace suffisant pour recevoir 5 paquebots, quand nous verrons arriver 10 ou 20 navires, et que cet espace sera trop restreint, nous serons trop heureux de draguer. Vous savez combien cela coûte le mètre cube? On a indiqué pour ce travail le prix de 1 franc et quelques centimes.

A Liverpool, cela coûte 0 fr. 50; on serait très heureux de draguer, si

cet espace devenait insuffisant. C'est la seule objection importante qui ait été formulée. On se trouve en présence d'une superficie de 450 hectares.

M. Vial ajoute qu'il y a ici un espace suffisant pour les petits navires. On met des bouées pour indiquer cet emplacement. D'ailleurs, la moitié de la rade de Cherbourg n'est pas praticable pour les grands navires. Les grands navires entreront par cette passe. Il y a huit ans, il y avait en cet endroit 3m,90 d'eau aux plus basses mers : aujourd'hui c'est 4m,70. D'ailleurs on ferait le nécessaire pour que le passage restât creux ; et ce serait très facile, car c'est un passage qui se creuse graduellement par les courants.

M. Vial, répondant à une question de M. Dallot, dit que l'on ne peut pas entrer dans le port à toute heure. Il faut attendre la marée ; on ne s'expose pas, en effet, à échouer un grand navire, un cuirassé se briserait certainement.

Avec un abri, on peut facilement débarquer les passagers, les dépêches et certaines marchandises,

Il y a des ports très considérables, par exemple, en Italie, qui fonctionnent de cette façon. Généralement, on pourrait opérer le transbordement.

M. Dallot demande si, par les plus gros temps, on pourrait transborder. Y a-t-il des temps où ce transbordement n'est plus possible ?

M. Vial répond qu'il y a des temps où on travaille difficilement même dans le bassin de l'Eure, mais c'est exceptionnel. Cette année, le bassin de l'Eure a été balayé dans une partie ; la mer passait par-dessus les bords et gênait beaucoup le travail.

La passe d'ouest a 450 mètres d'ouverture ; on y passerait très bien par des coups de vents exceptionnels, mais on n'y passerait pas par tous les vents, car il y a des vents auxquels rien ne résiste.

M. Vial a vu des ports fermés comme des lacs, et dans lesquels des navires se sont perdus complètement. Dans les îles Malouines, il y a le port français dont on voit à peine l'ouverture : là, une frégate française qui entra se perdit par un coup de vent.

A Bourbon, on a des coups de vents effrayants qui détruiraient les navires les plus solides. Jamais un navire n'y reste quand un coup de vent est annoncé.

M. le Président prie M. Vial de réserver la suite de sa communication pour le moment où l'on sera dans les bureaux de la Compagnie transatlantique, afin qu'on puisse entendre plus facilement ses explications.

2e SÉANCE

(dans les Bureaux de la Cie transatlantique, le Samedi 31 mars 1883)

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à trois heures trois quarts.

M. LE PRÉSIDENT rappelle tout d'abord que ce soir, à 8 heures et demie, on se réunira à bord de la *Normandie* pour entendre la conférence de M. Boistel et voir l'éclairage électrique du paquebot.

Demain matin, à 8 heures, rendez-vous pour la visite des travaux du neuvième bassin; les plans qui ont été distribués, donnent l'indication de son emplacement; le canal de Tancarville figure également sur ce plan. A 9 heures et demie, on se rendra à bord de la *Normandie* pour en faire la visite.

M. LE PRÉSIDENT annonce que notre collègue, M. Hersent, n'a pu, à son grand regret, se joindre à nous, mais ce matin même à la gare, il a apporté une note résumant ses impressions sur le port du Havre, et dont M. Douau va nous donner lecture [1].

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que s'il ne demande pas si quelqu'un a des observations à faire sur cette communication, c'est que la question reste ouverte et qu'on pourra y revenir dans une discussion générale qui aura lieu, dans une des séances de la Société, lorsqu'on aura réuni tous les documents relatifs à ce sujet. Il prie M. Vial qui a déjà donné quelques explications très intéressantes à bord de la *République*, de vouloir bien les compléter.

M. VIAL avant de donner lecture de la note qu'il a préparée, croit nécessaire de la commencer par l'historique du port du Havre tel qu'il se trouve dans l'ouvrage de M. de Ligne [2].

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Vial de son intéressante communication; Il demande à M. Servan, qui est le commandant de la *Normandie*, s'il

1. Voir la note de M. Hersent, page 652.
2. Voir la note de M. Vial, page 657.

n'aurait pas quelques indications particulières à donner sur le port du Havre.

M. le commandant SERVAN déclare, en commençant que, dans les quelques explications qu'il pourra donner, il se placera surtout au point de vue technique en s'abstenant d'appréciations personnelles pour une excellente raison, c'est qu'il a fait partie de la commission d'enquête. Il se bornera donc, comme il vient de le dire, aux questions techniques et dira quelques mots, en particulier, sur la question des courants, qui a provoqué des objections sérieuses au sujet des projets administratifs.

Dans le projet présenté par l'administration, on fait une vaste conquête sur la mer : celle du dixième bassin. C'est une grande entreprise, mais elle nécessite d'immenses travaux. La première pensée qui s'impose, lorsqu'on compare les résultats qu'on espère obtenir avec l'étendue des sacrifices demandés, est celle-ci : on ne peut s'empêcher de se demander si la dépense considérable qu'entraînera la construction de ce dixième bassin qui contiendra, au maximum, 10 navires, de la grandeur des types nouveaux, et où la place de chacun d'eux reviendra à peu près à 7 ou 8 millions, on s'est demandé si cet argent ne pourrait être employé plus utilement et si l'on ne pourrait obtenir un résultat plus satisfaisant.

Tous les marins du Havre ont été unanimes pour préconiser l'endiguement.

L'endiguement a été présenté sous des formes différentes, mais dans tous les projets, le principe a été le même. Il consiste à se servir des barres naturelles qui entourent la petite rade, et à les surélever de façon à créer un abri pour les navires.

Dans le projet de l'administration, la condition fondamentale de la mise à exécution du projet était l'arasement des bancs de l'Éclat; on arasait quelques parties du haut de la rade.

L'objection faite immédiatement à ce projet a été qu'on ne pouvait préjuger de l'avenir, et que si l'on pouvait se passer d'araser cette partie des bancs de l'Éclat il fallait réserver la question de l'endiguement.

Les pilotes, consultés, ont tous été unanimes pour déclarer que, quand même cette route du nord-ouest serait faite par l'arasement d'une partie des bancs de l'Éclat, les navires ne la prendraient pas, et cela pour plusieurs raisons techniques.

La première, qui est la plus importante, c'est que le courant de jusant, au moment où les navires entrent, partant dans la direction du nord-ouest, les navires sont obligés d'avoir une vitesse très grande et sont entraînés vers le nord-ouest s'ils entrent directement; ils sont obligés de venir vers le sud, d'être entraînés en dérive et d'entrer dans le chenal : c'est une manœuvre tout à fait maritime, et les pilotes ont tous déclaré que, quand même cette passe serait creusée, on ne la prendrait pas.

Il y a une autre objection, c'est que, à certaines époques, avec un vent de nord-ouest, il y a des mouvements considérables de la mer et on est amené,

surtout pour les petits navires, à chercher une partie qui soit à l'abri de cette mer. On prendrait donc la route du sud, qui est indiquée sur le plan de MM. les ingénieurs des ponts et chaussées comme route de l'ouest.

Il est certain que, en réservant la question, on pourrait bien apporter au projet cette petite modification, qui a une grande importance.

Le débat a surtout été très vif sur la question des ensablements. Cette question a donné lieu à de nombreuses discussions. Des faits nouveaux ont été apportés dans ces séances publiques auxquelles assistait la population du Havre, qui s'intéresse passionnément à tout ce qui touche au port ; tout le monde, même les ingénieurs hydrographes, même les marins les plus anciens ont appris dans ces discussions des choses nouvelles. Les vieux pilotes ont apporté des faits qui, condensés, comparés, mis en relation les uns avec les autres, ont amené à déterminer plus exactement le régime des courants; et, d'après ce régime des courants du Havre, on a vu que la ligne principale du mouvement est au nord-ouest pour la sortie et au sud-ouest pour l'entrée.

Le courant de jusant, qu'on appelle courant de *verhaule*, commence par un contre-courant; le jusant lui succède et suit toujours la même direction. C'est ce courant de *verhaule* qui, après avoir longé la presqu'île du Cotentin, amène des sables et peut-être aussi des alluvions de la Seine. Ce sont ces alluvions qui font redouter l'endiguement de la rade du Havre.

La principale objection faite aux ingénieurs a été de savoir s'il y avait un grand danger à redouter les alluvions de la Seine et les sables qui viennent de la presqu'île du Cotentin.

Il s'agissait de répondre à ces objections. On y a répondu de différentes façons, et voici entre autres un des principaux arguments. On a dressé des cartes détaillées de la petite rade; ces cartes ont été dressées avec un soin jaloux par des hommes spéciaux, par des ingénieurs hydrographes très au courant de ce travail. Elles ont été dressées depuis vingt ans; elles indiquent l'état de la rade du Havre depuis vingt ans, à des époques différentes et, d'une façon générale, on remarque que, dans la petite rade, la ligne des fonds de 5 mètres s'avance un peu au nord, c'est-à-dire qu'il y a une parcelle de la rade sur laquelle les fonds inférieurs à 5 mètres ont fait un progrès d'une centaine de mètres; mais on remarque qu'il y a un approfondissement général qui se traduit par des chiffres sur ces cartes. Si on lit les premières cartes, on voit une profondeur de $5^m,60$, et dix ans après il y a $5^m,65$: c'est donc un approfondissement de 5 centimètres, c'est quelque chose. Il y a un approfondissement général de la petite rade. Dans la passe sud, il y a une route que les marins veulent utiliser. Dans cette passe, on a constaté que depuis vingt ans l'approfondissement avait été de $1^m,20$; dans la passe principale il y avait un approfondissement de la même quantité.

Depuis vingt ans on n'a plus travaillé à l'endiguement de la Seine; les travaux sont arrêtés à Berville. Les alluvions se sont casées quelque part, et l'équilibre s'est établi.

Si l'on fait de nouveaux travaux il y aurait peut-être des modifications dans le régime actuel, c'est ce qu'on ignore; mais, enfin, il y a un fait indéniable : c'est que, depuis vingt ans, la petite rade s'est approfondie de 5 centimètres sur toute sa surface, et que dans la passe principale elle s'est approfondie de $1^{m},20$. Donc, lorsqu'on vient dire que l'entrée sud, au Havre, menace de s'envaser, on répond : pourquoi, depuis vingt ans, ne s'est-il produit rien de semblable? On a constaté, au contraire, un approfondissement, et depuis dix ans les grands navires y entrent. Il semble qu'il y a là une preuve de non-envasement. Les principaux courants de la petite rade sont des courants de flot qui viennent du nord-ouest. Les endiguements qu'on a proposés ont différentes formes et suivent les hauts-fonds de la rade, qui forment des seuils naturels. Lorsque le vent se déclare du nord-ouest, les petits navires qui sont sur la petite rade sont en grand danger à haute mer; lorsque la mer baisse le danger diminue, la mer diminuant sur la petite rade. Donc, ceci forme déjà une barrière et un abri naturels. En surélevant ces hauts-fonds on ferait ainsi une rade où les navires trouveraient un abri par la haute mer aussi bien que par la basse mer. Avec des travaux de dragage, la petite rade donnerait des avantages à la navigation supérieure, et cela empêcherait les sinistres nombreux qui ont lieu tous les ans au Havre.

M. le commandant SERVAN dit que les considérations générales qu'il avait à présenter s'arrêtent là; il ajoute qu'il est certain que, au point de vue du commerce, le Havre gagnerait beaucoup à avoir une rade qui pût offrir un abri aux navires par tous les temps. Un navire allant à Anvers, par exemple, n'entre pas au Havre parce que c'est trop coûteux; s'il pouvait entrer au Havre il en résulterait un certain bénéfice pour la ville. Et puis, on peut encore envisager la question à un autre point de vue. On doit considérer l'intérêt du Havre, certainement; mais si l'on peut en même temps augmenter la valeur de la Seine, par Rouen, il y aurait là un intérêt général qu'il ne faut pas sacrifier.

M. le commandant SERVAN ne se croit pas compétent pour parler de cette question; il parle seulement de la question maritime et de la principale objection opposée à l'endiguement : celle de l'envasement. Les marins ne craignent pas cela, puisque les courants ont, au contraire, creusé une passe. Les courants étant canalisés auront une force encore plus grande, et si les courants balayent déjà les passes actuelles, lorsque ces passes seront plus étroites, les courants étant plus resserrés les balayeront avec plus de violence, en approfondissant la petite rade qui sera à l'abri de tout danger d'envasement.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. le commandant Servan des explications qu'il a données et qui ont été entendues avec un vif intérêt.

Il demande à M. de Coene s'il n'a pas quelques renseignements à donner sur cette question.

M. DE COENE dit qu'il n'a rien à ajouter à ce qui vient d'être dit. Il a

seulement apporté la carte des courants, de sorte que l'on peut se rendre compte de leur direction.

M. le commandant SERVAN demande à ajouter un mot : c'est qu'il y a unanimité absolue dans cette question, et les ingénieurs des ponts et chaussées eux-mêmes sont les premiers à reconnaître que les courants ne présentent aucun danger au point de vue de l'envasement.

Dans la première partie du bassin, il y a une longueur de 750 mètres qui présenterait des dangers s'il y avait risque d'envasement. Il semble donc que, devant cette construction très hardie, puisqu'elle se rapproche du terrain d'alluvion, on ne peut s'empêcher de dire que celle-ci est beaucoup moins redoutable que cette digue, qui est perpendiculaire au courant.

M. DE COENE fait observer que, ce qu'il voulait signaler, c'est que la direction du courant indiquait bien qu'il ne pouvait y avoir d'envasement.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. de Coene s'il n'a rien autre chose à ajouter?

M. DE COENE répond que MM. Vial et Servan ont parfaitement dit tout ce qu'il y avait à dire sur la question.

Il montre le projet dessiné à une échelle plus grande. Ces brise-lames sont exigés, parce qu'on considère qu'il y aura de grands mouvements de lames; il faut les multiplier le plus possible, mais les marins sont unanimes à dire qu'ils ne parviendront pas à atténuer la violence de la mer.

Ces travaux considérables, qui doivent coûter 64 millions, ne donneront de la place que pour 10 navires. C'est une dépense très élevée, eu égard au résultat qu'on obtiendra; tandis que, au contraire, si l'on faisait une digue et une rade, on aurait tout de suite un abri où on pourrait recevoir toute la navigation de la Manche, comme le disait M. Vial.

Il y a là une grosse question financière : c'est que MM. les ingénieurs ont pensé qu'il leur fallait dépenser déjà 64 millions; cette dépense leur a semblé extrêmement élevée, et je crois que si l'on allait jusqu'au fond de leur pensée, on verrait qu'ils sont convaincus que la digue de la rade est nécessaire; seulement, au point de vue financier, on redoute de présenter un projet entraînant une dépense de 100 millions, c'est pour cela qu'on a dit que le projet était repoussé.

M. le commandant SERVAN dit que le devis est de 64 millions, mais on ne compte pas le cavalier; on ne compte pas le génie qui dit : Vous nous enlevez nos forts, il faut les remplacer.

M. de COENE ajoute qu'avec l'endiguement on donne toutes les facilités possibles pour faire un service rapide.

L'enquête nautique n'a pas repoussé le projet des ingénieurs; il y a une majorité qui a décidé l'exécution de l'entrée nouvelle, et il y a une majorité qui a décidé la construction de la digue.

M. le commandant SERVAN ajoute que la commission nautique a décidé qu'il fallait faire un endiguement; si l'on voulait faire une entrée nouvelle, elle a dit que, dans tous les cas, il fallait faire un endiguement, considé-

rant que le projet présenté ne serait pas pratique par les vents du nord-ouest, s'il n'y avait pas d'endiguement.

M. le Président fait remarquer que le neuvième bassin est commencé, il demande si le projet du dixième est définitivement arrêté.

M. de Coene répond que ni l'avant-port ni le dixième bassin ne sont arrêtés; au point de vue des enquêtes, celle nautique seule s'est prononcée; maintenant, il y a encore une autre enquête où peuvent se produire toutes les objections qui se sont déjà produites dans la première; il y a des objections qui ont été présentées au projet de l'administration et qui ont été unanimes de la part des marins.

M. Vial, au sujet de la question financière, croit devoir faire une observation. Si l'on s'arrête au projet d'endiguement partiel adopté par la commission, on ne dépassera pas la dépense prévue, en exécutant le projet qu'il a présenté; il y aura même économie, parce que, le brise-lames n'existe pas; pour que l'avant-port puisse résister aux vents du nord-ouest, on fait, dans le projet de l'administration, une dépense de 10 millions de brise-lames, de sorte que, si l'on soumet le premier projet aux Chambres, on demandera une réduction de 2 millions sur la dépense de 10 millions prévue pour les brise-lames, au lieu de demander un crédit de 8 millions. Ce n'est donc pas une dépense de 8 millions que l'on demande; il y a au contraire une économie de 2 millions.

M. de Coene croit devoir appeler spécialement l'attention de l'assemblée sur ce point, que le projet n'est point tellement engagé, qu'on ne puisse présenter des observations de nature à faire revenir sur ce projet. Il y a, en définitive, dans cette question, une affaire d'intérêt général, et il croit qu'il est utile de dire que la situation est telle qu'il y a possibilité de faire revenir sur les idées en faveur desquelles on s'est prononcé. On n'en est encore qu'à la première enquête; la seconde n'est pas encore ouverte : au moment de celle-ci, on pourra encore produire des observations de nature à faire revenir sur les décisions administratives. De plus ces travaux doivent faire l'objet d'un projet de loi; par conséquent, les résultats de l'enquête viendront devant les Chambres, et, à ce moment, se reproduira probablement une discussion analogue à celle de 1844, quand François Arago lui-même a proposé cette digue.

M. de Coene a relu cette discussion dans le *Moniteur* de 1844, car, ainsi que le disait M. Vial, cette question dure depuis deux cents ans, mais elle a été traitée en 1844 surtout par François Arago. Toute l'administration acceptait l'endiguement. Après lui, M. Teuzin aussi, a exposé les résultats heureux de l'endiguement; le secrétaire général des travaux publics, M. de Boureuilhe qui a laissé un souvenir remarquable et enfin, le ministre des travaux publics d'alors, étaient aussi partisans de l'endiguement. A ce moment-là, on ne parlait pas de l'envasement : on parlait de l'étal du Havre, on disait qu'il y aurait changement dans cet étal. Mais on ne doit pas ignorer que l'étal du Havre ne tient pas à des rochers spéciaux : cela

tient à des causes générales qu'a très bien développées Arago; l'objection du moment était la diminution d'étal : aujourd'hui on parle d'envasement. Mais on pourrait présenter maintenant les mêmes observations qu'à cette époque ; il y aurait donc lieu d'apporter cette discussion de 1844 devant les commissions d'enquête. M. de Coene espère qu'en s'appuyant sur les raisons données en 1844 par des hommes d'une grande autorité, en dehors de ces discussions locales qui se sont produites entre Rouen et le Havre; alors les discussions n'existaient pas entre Rouen et le Havre, ce qui a été dit est la vérité même; on parviendrait ainsi à donner à cette grave question la solution la meilleure.

M. le Président constate que la dernière observation de M. de Coene ajoute quelque intérêt à ce qui a été déjà dit, puisqu'il dit qu'on peut reprendre la question à la Société, et avoir une discussion qui pourra avoir encore son utilité, puisque rien n'est terminé.

M. de Coene désire présenter une dernière observation.

Il demande pardon de prolonger un peu la séance, mais il croit qu'il serait nécessaire d'introduire dans la discussion une autorité qui, jusqu'à présent, n'a pas été consultée : l'autorité de la marine. Il est, en ce moment-ci, question de choses absolument maritimes.

Comme l'a dit M. le commandant Servan, il a été indiqué comment les pilotes devaient faire pour entrer dans le port; au point de vue de la question maritime, il faudrait donc faire intervenir le ministre de la marine.

M. de Coene pense qu'éclairé par les ingénieurs et les hommes spéciaux qu'il a à sa disposition, le ministre de la marine pourrait donner utilement son avis, car, jusqu'à présent, cette question n'a été qu'une question du ressort du service des ponts et chaussées, et la marine n'est point intervenue au point de vue des observations qu'elle avait à faire. (*Rires.*)

Il est donc très important que cette intervention se manifeste d'une façon plus complète et plus efficace que jusqu'à présent. Ici, il n'y a que la commission de l'enquête nautique qui s'est prononcée; il faut aller jusqu'au ministère de la marine, comme si c'était une résolution prise par la Chambre.

M. Dallot demande à M. de Coene s'il veut donner un dernier renseignement au sujet des travaux du neuvième bassin et au point de vue du dixième; la question n'est-elle pas assez engagée pour que l'avenir des idées de M. Hersent soit entièrement compromis?

M. de Coene répond que, jusqu'à présent, le dixième bassin n'est pas encore décidé. Il ajoute que le projet de M. Hersent est la reproduction de celui soumis à l'enquête nautique.

M. Vial fait remarquer que c'est le projet de M. Besson qui a été soumis à l'enquête. L'idée de M. Besson était de reporter le port de guerre et le port commercial de l'entrée de la Seine entre Caudebec et Rouen, et de

faciliter les communications entre Rouen et Paris. C'est un ordre d'idées qui n'est pas excessivement pratique.

M. de Coene ajoute que tout cela n'influe en aucune façon sur les projets de M. Hersent; les travaux qu'on vous a fait voir n'ont aucune importance au point de vue de la gêne qu'ils peuvent apporter aux travaux indiqués par notre collègue lorsqu'on voudra prendre la question à un point de vue plus élevé.

M. le Président rappelle qu'en ce moment la Société recueille surtout des documents, sans engager de discussion; mais que tous les documents de nature à l'éclairer seront consultés avec le plus grand intérêt et feront l'objet d'un compte rendu spécial.

La séance est levée à quatre heures trois quarts.

A l'issue de la séance, M. le Président accompagné de plusieurs membres de la Société, s'est rendu chez M. Bert auteur d'un projet qui nous avait été d'ailleurs communiqué dans la séance du 7 juillet 1882.

M. Bert a présenté les plans relatifs à ses projets d'endiguement qui ont été examinés avec intérêt.

NOTE

SUR LE PORT DU HAVRE

ET L'EMBOUCHURE DE LA SEINE

Par M. **HERSENT.**

La Seine, à son embouchure, n'est pas seulement une rivière ou une baie, c'est la porte des navires se dirigeant vers Paris, soit ceux venant de la mer, soit ceux venant du Havre.

Le Havre n'est pas un port local comme Dieppe, Boulogne ou Calais; le Havre est le port national du nord, comme Marseille est le port national du midi.

C'est le Havre qui entretient les relations de Paris et de toute la région centrale de la France avec le monde entier.

Le Havre avait, il y a moins de vingt ans, la première place parmi les ports du littoral nord du continent européen. Il serait intéressant de noter les causes apparentes qui lui ont fait perdre sa position relative, — notamment par rapport à Anvers, qui se développe d'une façon inespérée.

Les défectuosités du port du Havre sont de natures différentes comparativement à Anvers.

1° L'entrée est difficile et l'avant-port trop restreint pour donner place à quai immédiatement et permettre toutes les manutentions à la marée; *il y a perte de temps et chances d'avaries.*

2° Le service sur les quais est mal organisé; pas assez de voies, pas assez de wagons dont la circulation est difficile; encombrement de charrettes et de gens.

3° Absence presque complète de bateaux de rivière apportant par eau une partie des marchandises de transbordement.

4° Pratiques administratives trop minutieuses et trop compliquées,

pour la douane, l'octroi, etc., etc., qui demandent du temps et de l'argent en sus.

A Anvers, tout cela est plus facile et on cherche chaque jour des améliorations nouvelles; *il n'y a pas d'octroi* et la douane peut se faire en gare du chemin de fer; d'où il résulte une économie de temps pour les navires et, par suite, une économie sur le fret.

En examinant la question, on n'aperçoit pas du premier coup d'œil pourquoi le Havre persiste à écarter les grandes améliorations pour s'en tenir à des *questions de détail, où l'argent se dépense sans résultats appréciables.*

Il y a sans doute des raisons multiples, comme celles qui ont été mises sur le tapis à propos de la dernière loi de protection de la marine.

On a créé une nouvelle administration, comme si les marins en manquaient; — et pourtant les marins français valent bien ceux des autres nations voisines.

Les motifs les plus considérables, et qu'on ne dit pas toujours, sont des questions de « clocher » ou de coteries qui font écarter les grandes solutions qui, seules, peuvent ramener au Havre la prospérité et l'activité, on désire que le port ne s'éloigne pas d'un certain point; — pour cela, on fait miroiter que Rouen, Honfleur, etc., etc.

Il y a donc de grandes solutions à chercher pour mettre nos ports sur le pied d'égalité avec ceux des autres pays, qui sont mieux organisés, et pour développer notre industrie maritime qui végète.

La première paraît consister à débarrasser l'industrie maritime des entraves de toute sorte qui l'enveloppent et l'embarrassent sans profit, ni pour l'État, ni pour les villes, ni même pour les employés administratifs qui gagneraient plus s'ils étaient occupés industriellement ou au commerce.

La deuxième semble consister dans la plus grande liberté de circulation, dont le point de départ doit être *la suppression de l'octroi* (qui n'a rien à faire dans un pareil mouvement qu'il retarde et qui doit finalement disparaître de nos mœurs puisqu'il coûte beaucoup sans rien produire) et des facilités plus grandes pour l'exercice de la douane.

La troisième repose sur les grandes améliorations à apporter à l'agencement et à l'organisation des ports pour que le navire de mer puisse être à quai entre les wagons et les embarcations d'intérieur et puisse tra-

vailler de toutes ses forces à défaire et refaire son chargement sans qu'il soit entravé par qui ou quoi que ce soit.

Le navire coûte environ cinquante centimes par tonne de chargement et par jour; *c'est là qu'est l'économie.*

Il importe au plus haut point que les wagons puissent accoster les navires par trains complets, remplacés dans la journée pour permettre d'embarquer ou de débarquer 1,000 ou 1,500 tonnes par jour, comme on débarque du gravier.

Toute organisation de port qui ne permettra pas de pareilles opérations doit être écartée comme insuffisante; et au Havre, en particulier, on doit y faire attention puisqu'on a des concurrents qui le font.

Réorganisation matérielle du port du Havre. — L'entrée n'est pas suffisante. — Il faut en faire une nouvelle plus vaste permettant à tous les navires venant de la mer d'entrer à toute heure de marée.

Les projets sont nombreux; mais il ne paraît pas, jusqu'à présent, qu'un seul ait envisagé la question sous son vrai jour et avec la perspective de l'avenir.

Le bassin de l'Eure a été longtemps pour trouver son utilisation. Depuis quelques années, il est devenu insuffisant, mais surtout parce qu'il est difficile d'accès et mal desservi par les moyens de levage et de transport.

Les nouveaux bassins numéro 9, en arrière, qu'on construit à présent, ne seront pas plus commodes, et, pour comble d'embarras, on a eu soin de les séparer du chemin de fer, par le canal de Tancarville.

Dans l'organisation nouvelle à faire et l'étude des projets à élaborer, il est absolument nécessaire de voir grand et loin devant soi, car on va vite depuis que l'électricité s'utilise réellement.

On doit envisager l'achèvement des digues de la Seine, qui ne sont pas une grande dépense, mais qui donneront au Havre une surface très importante de terrains pour la création économique des nouvelles installations, — et sans se préoccuper si Rouen et Honfleur en profiteront davantage, parce que la France gagnera et que c'est elle qui payera.

On doit donc amener au Havre les digues de Berville et faire un

môle à un kilomètre et demi au large, pour permettre de le raccorder avec l'enceinte projetée de la petite rade.

Derrière cette couverture superbe, et finalement pas bien coûteuse, on pourra créer un grand port de toutes pièces, avec avant-port de 100 à 200 hectares, des bassins à flot bien desservis assez grands pour recevoir les bateaux de navigation intérieure.

Les quais des bassins pourront être desservis par voies ferrées et locomotives, selon les dispositions qu'on voudra prendre ; la plaine de l'Eure pourra contenir une gare de chemin de fer et des docks dont les dimensions n'ont presque pas de limites, et tout cela, sur des terrains sans valeur actuelle qui seront remplacés au décuple par ceux à conquérir sur la baie.

Cette disposition de la digue nord de la Seine serait très abritée si on faisait un véritable îlot protégé par des enrochements et couvrant le banc du Ratier, si dangereux pour les embarcations qui s'y perdent de temps à autre avec leurs équipages. Alors l'écueil émergé donnerait de l'abri.

Naturellement, on devrait limiter les rives sud entre Honfleur et Berville, mais le temps indiquera bien la direction à préférer.

L'atterrissement derrière les digues se produira naturellement comme il s'est produit à Quillebœuf et partout ailleurs ; — et il est évident que les sables vaseux de l'embouchure une fois fixés en arrière des digues, ne seront plus en suspension dans le delta, ils ne se déplaceront plus au caprice des courants et du vent.

Il est d'ailleurs à noter que le sable qui, autrefois, n'avait pas dépassé Trouville, est déjà arrivé à Honfleur jusqu'où est le bain de mer sur les galets, et que c'est un témoignage évident que l'embouchure de la Seine est moins vaseuse depuis qu'une partie notable de cette vase a été fixée sur les rives surélevées en amont de Berville.

Le danger d'envasement de l'embouchure de la Seine ne paraît pas si à redouter qu'on l'a dit ; il est possible que les fonds de la mer contiennent encore de la vase : il y en a des quantités importantes dans le golfe du Calvados et particulièrement à la hauteur de Carentan. On s'occupe aussi de les fixer ; il est probable qu'on y parviendra, et dès lors, comme la surface à atterrir à l'embouchure de la Seine pourra contenir des milliards de mètres cubes, on pourra reposer en paix pendant quelques dizaines d'années.

Ces grandes lignes de programme n'ont pas la prétention de suffire

à la solution du problème à résoudre pour les améliorations du port du Havre; mais on peut espérer qu'elles pourront trouver leur utilisation dans la direction à donner aux discussions trop restreintes qui se font périodiquement sur cette question.

Il serait surtout utile à la solution de ces questions qu'un programme largement tracé fût remis aux gens techniques de toutes les écoles et ne fût pas discuté en petit comité, comme cela s'est produit il y a quelques mois à propos d'une commission nautique, et enfin qu'après l'établissement du programme à suivre on consultât les constructeurs spéciaux pour obtenir des propositions de marchés précis, écartant les aléas ordinaires des projets administratifs, et permettant de profiter de l'expérience de tous pour l'obtention des solutions les plus rapides et aussi les plus économiques.

NOTE

SUR

LA RADE DU HAVRE EN 1883

Par M. VIAL.

Lors de la conquête des Gaules le port des Romains était à Lillebonne, abrité par les falaises de Tancarville.

Il était menacé d'envasement, César le relia par une chaussée avec Harfleur. On en voit encore les traces. L'Éclat était relié à la Hève par une ligne de falaises.

Sous Julien, Juliabona fut comblée par les sables. Rouen devint le port romain de la Seine.

Harfleur est le port des Normands alors que la flotte de Charlemagne revenait hiverner à Rouen.

Rollon reporta le port à Rouen, sa capitale.

Plusieurs criques servaient aussi d'abri aux navires, le quief de Caux au pied de l'Éclat et Leure au-dessous de Graville.

Leure fournit 34 nefs pour la flotte de l'Écluse, le quief de Caux 3, Harfleur 9.

La crique d'Espaigne, à l'entrée de la Lézarde, servait d'avant-port à Honfleur qui fut à son apogée au treizième siècle.

C'est le port souverain, d'après Froissart, la clef du pays par devers la mer, selon Charles V.

La chute des falaises de l'Éclat et la destruction par les courants et les vagues du chef de Caux, sont mentionnées dans une ordonnance datée de Vincennes sous Charles V en 1373.

Elle ordonne de reconstruire l'église de Saint-Denis de chef de Caux qui par fortune de mer est chue en icelle avec le cimetière.

Les habitants fondèrent un nouveau port qui devint Sainte-Adresse.

A partir de cette époque se formèrent rapidement les alluvions sur lesquelles le Havre actuel est construit.

Harfleur et Leure deviennent impraticables. Louis XI vint constater la ruine d'Harfleur et essaya vainement de faire creuser un nouveau port au Hoc.

François Ier chargea l'amiral Bonnivet de chercher un nouvel emplacement pour le port.

Il trouva une crique tournée à l'ouest où les pêcheurs tiraient leurs barques dans un refuge intérieur dominé par une chapelle dédiée à Notre-Dame-de-Grâce.

L'amiral du Chillon fit creuser le port et bâtir deux tours à l'entrée des jetées. En 1533, le roi y fit construire le fameux navire la *Grande-Françoise*, qui tirait 25 pieds d'eau. Il échoua à l'entrée du port.

En 1544, il y réunit sa flotte sous les ordres de l'amiral d'Annebaut, 150 vaisseaux ronds, 60 flowins et 25 galères. Henri II fit construire les quais. Les rues où l'on était quelquefois obligé d'aller en bateau furent mises à l'abri de la marée. Il fit établir des épis pour défendre la côte.

En 1664 le port était envahi par les galets. Il n'y entra dans l'année que quinze navires pour la pêche de la morue.

Vauban fit établir des épis, élargir le chenal et creuser le canal d'Harfleur.

En 1691, Montegny de la Montagne lui écrivit qu'il avait été fait une découverte merveilleuse, une digue que la Providence tient en réserve sous les eaux pour protéger la rade du Havre.

Vauban approuva le projet d'élever une digue en bois sur les bancs de l'Éclat.

Après la bataille de la Hougue, on s'occupa d'abord de créer le refuge de Cherbourg pour nos flottes de guerre.

Le chemin des phares s'écroula en 1779 sous les assauts du flot d'Antifer.

En 1847, un projet d'endiguement de l'ingénieur de Gaulle fut discuté et appuyé par Arago.

En 1869 un projet de M. Jonglez de Ligne fut publié. Il demandait la création d'un endiguement partiel sur l'Éclat.

C'est au travail remarquable de cet homme éminent que nous avons emprunté les détails précédents.

Lorsque les projets d'amélioration du port ont été l'objet d'une enquête publique l'année dernière, la plupart des capitaines et des

pilotes du Havre, se souvenant des enseignements du passé, ont demandé la création d'une rade.

En effet, que faut-il au navire qui arrive et qui est pressé de communiquer avec la terre ?

Il lui faut un abri sûr et immédiat dans une eau tranquille, comme il y en a un à Cherbourg, à Plymouth, à Brest, à Southampton.

De la rade, qui est l'antichambre de son logement définitif, il passe sans danger dans le port à l'heure de la marée après avoir fait sans retard toutes ses opérations pressées, telles que le débarquement de ses dépêches et de ses passagers.

S'il n'a pas d'abri et s'il rencontre du mauvais temps, il est exposé, en attendant la marée, aux plus grands périls.

Si le Havre avait une rade où les navires rapides pussent s'arrêter à toute heure et communiquer sans danger, un grand nombre de paquebots destinés à la mer du Nord y feraient escale pour déposer leurs dépêches et leurs passagers à destination du continent.

Les navires à voiles y viendraient attendre les ordres de leurs armateurs.

Tous les marins sans exception admettent la grande utilité d'une rade.

Comme tous ceux qui s'intéressent à l'avenir de notre marine et à la prospérité du port, j'ai recherché s'il était possible d'établir à peu de frais et dans de bonnes conditions l'abri que nous désirons. Après l'enquête qui nous a fait connaître bien des documents oubliés, j'ai été confirmé dans mes appréciations par la concordance qui existe entre nos conclusions et les principes acceptés par Vauban, par de Gaulle, par Arago, par Jonglez de Ligne et par bien d'autres personnes compétentes.

On peut, sans modifier les courants, sans changer le régime général des eaux, construire un abri suffisant pour nos besoins actuels en protégeant notre côte et l'entrée du port contre les assauts de la grosse mer.

Mon projet diffère des autres par son économie extrême.

Les digues partielles que je propose d'élever seraient fondées sur les sommets des bancs de l'Éclat et seraient par suite parallèles à la direction générale des courants. Car ceux-ci suivent forcément les contours des bancs qui forment le bassin de la petite rade, lorsque la marée l'envahit ou lorsqu'elle se retire.

J'élèverais ces digues partielles à la hauteur seulement du niveau des hautes mers. Elles suffiraient à atténuer la force des lames, ainsi que l'expérience que nous avons acquise au Havre même le prouve.

En outre, les crêtes des lames déferlant par-dessus cet endiguement augmenteront le volume d'eau intérieur et provoqueront un écoulement plus rapide dans les passes. Un effet pareil très sensible se produit dans des ports entourés de coraux dont les sommets dépassent à peine le niveau de la mer.

Les bancs qui serviraient de base à ces endiguements étant en moyenne de 2 mètres au-dessous des basses mers et la marée montant de 8 mètres au plus, la digue aurait 10 mètres de hauteur. Pour une hauteur pareille, 10 mètres d'épaisseur moyenne suffiraient largement. Leur développement linéaire étant de 2,000 mètres environ ; tout l'ouvrage représente un cube de 200,000 mètres de maçonnerie dont la valeur ne saurait dépasser 8 millions. L'accès dans la rade aurait lieu par la passe de l'ouest et par celle du nord qui ont déjà près de 5 mètres de fond.

Le mouillage obtenu pour les grands navires serait de 90 hectares, celui des navires moyens de 200 hectares environ.

Ce n'est pas beaucoup; mais si ce mouillage est bien aménagé et bien surveillé, si les petits navires ne sont pas autorisés à séjourner dans les grands fonds, si des bouées sont convenablement placées pour amarrer les gros bâtiments, les marins et les armateurs du port se contenteront de cet abri.

Quand on ne peut loger dans un château, on est très heureux d'habiter une maison bien close.

,Un avantage que nous retirerions des endiguements; ce serait la protection de notre côte contre les mers de l'ouest qui les entament et les rongent constamment, ce serait aussi l'arrêt forcé des galets qui marchent du nord au sud, roulés par les vagues. Quand l'eau est calme, ils restent immobiles.

On a craint que les fonds de la petite rade ne fussent insuffisants.

Nous ne devons pas oublier qu'aux fonds indiqués, il faut toujours ajouter à basse mer de 30 à 50 centimètres. Lorsque les vents soufflent de l'ouest et provoquent un peu de levée, la mer est encore plus haute.

Lorsque les profondeurs de la rade et l'espace réservé aux grands

navires seront devenus insuffisants, il sera facile de draguer. Cette dépense correspondra à un bénéfice immédiat, ce qui n'arrive pas toujours pour les travaux publics. Les 400 hectares dragués à un mètre de plus coûteront 4 millions à 1 franc le mètre, prix supérieur à celui qui m'a été indiqué pour les travaux de Liverpool où la dépense du dragage s'élève à 1 million par an.

On a dit à l'enquête que l'envasement de l'avant-port ne s'élève pas à $0^m,30$ par an; dans la rade qui serait balayée par des courants plus rapides qu'aujourd'hui, l'envasement ne serait pas sensible et la dépense d'entretien du fond serait insignifiante.

Elle serait bien moindre certainement que celles que supportent aujourd'hui les navires par suite des avaries et des retards dus aux difficultés de l'entrée et aux dangers du mouillage. Ces dangers, nous ne voudrions pas les rappeler. Bien souvent les Havrais ont vu des navires en danger de périr corps et biens sous leurs yeux sans qu'il fût possible de leur porter un secours efficace.

La vue de la carte indique suffisamment la direction de la plus grosse mer qui vient des côtes d'Angleterre.

Les vents du sud venant d'une côte éloignée de 10 kilomètres ne donnent pas une grosse houle.

On a parlé de la marche croissante des alluvions de la Seine vers l'Est. On craint qu'elles ne changent notre passe.

Les courants du nord-nord-ouest au sud-sud-est, resserrés entre nos digues et le rivage, ne peuvent qu'acquérir plus de force pour maintenir les fonds vis-à-vis l'entrée actuelle.

Je n'ai fait qu'esquisser nos besoins, laissant aux hommes spéciaux le soin d'exécuter les travaux qui nous seraient nécessaires.

NOTE

SUR UNE

NOUVELLE VOIE DE TRAMWAY

ÉTABLIE SUR LA LIGNE DE CAMBRAI A CATILLON

PAR M. L. REY.

Les voies de tramway généralement employées consistent en deux files de rails à ornières fixés sur des longrines en bois, qui sont elles-mêmes encastrées dans la chaussée (voir pl. 52).

L'écartement entre les deux files de rails est maintenu par des traverses en bois ou des entretoises en métal, plus ou moins espacées et généralement de section très réduite ; quelquefois même les traverses ou entretoises n'existent pas.

Dans quelques systèmes, on supprime les longrines en employant comme rails des barres laminées dont la section présente la forme de ⌶ ou de ∩ ; la partie supérieure forme le rail ordinaire avec ornière, et la partie inférieure est élargie pour permettre la pose directe sur le ballast. L'entretoisement de cette voie se fait avec des plates-bandes de fer placées de champ et se logeant entre les pavés.

Les inconvénients des voies ainsi constituées sont bien connus, et pour ne rappeler que les principaux nous citerons :

1° La difficulté, par suite d'un entretoisement insuffisant, de maintenir l'écartement des deux files de rails, et par suite d'empêcher le *coincement* des roues dans des ornières d'une aussi faible largeur que celle imposée par les règlements d'administration publique applicables aux voies de tramway. Dans certaines voies où l'entretoisement n'existe pas, on a même dû supprimer, pour éviter le coincement, les boudins de deux des quatres roues de chaque véhicule.

2° Le peu de solidité du rebord intérieur de l'ornière formant contre-rail. Ce défaut est une cause de déformation du rail sous l'action du passage transversal des lourds véhicules qui coupent les voies de tramway. De plus, quand ces véhicules parcourent la voie ferrée dans le sens de sa longueur, ils sont précisément conduits, afin de diminuer l'effort de traction, de manière que les roues suivent l'axe des rails, et quand la charge porte entièrement sur le rebord de l'ornière, trop faible pour résister, il y a écrasement du métal dans cette partie du rail. On pourrait citer, à Paris, des cas où le rebord a complètement disparu.

3° Le peu de profondeur de l'ornière, conséquence des difficultés du laminage qui croissent avec l'augmentation de cette dimension, et motivé également par la nécessité de ne pas affaiblir encore le rebord de l'ornière en augmentant sa saillie.

L'usure du rail rend encore plus sensible ce manque de profondeur; l'usure du bandage vient s'ajouter à celle du rail en augmentant la saillie des boudins des roues, et, au bout de quelque temps de service, le roulement, au lieu de s'effectuer normalement sur la face supérieure du rail, a lieu sur le fond de l'ornière, toujours remplie des détritus de la chaussée sur laquelle la voie est posée; il résulte de ce fait une augmentation très sensible de l'effort de traction.

4° La difficulté d'assembler entre elles les barres successives formant les files de rails. L'éclissage est très défectueux pour les rails à ornière posés sur longrines; il est au contraire très facile avec les rails en forme de I, et moins facile avec ceux en ∩, ne nécessitant pas l'emploi de bois.

5° Diminution de largeur de l'ornière dans les courbes. Cette largeur étant obtenue par le laminage des barres droites, lorsque l'on cintre celles-ci pour la pose de la voie en courbe, on produit un rétrécissement de l'ornière précisément dans les parties de la voie où un élargissement quelquefois assez important serait nécessaire.

Les différents inconvénients que nous venons d'énumérer rapidement, très importants sur les voies de tramway à traction animale, sont encore aggravés sur les lignes exploitées par traction mécanique. On sait combien les rails à ornières parcourus par des locomotives sont sujets à une destruction rapide, comme on peut en juger sur un exemple placé sous nos yeux, aux portes mêmes de Paris.

Ce sont ces difficultés qui, depuis longtemps déjà, ont frappé l'esprit

de tous les ingénieurs qui se sont occupés des voies de tramway; quelques-uns d'entre eux ont cherché à y remédier en remplaçant le rail unique à ornière par deux barres voisines laissant entre elles l'intervalle voulu; l'une de ces barres servait de rail, et l'autre de contre-rail; l'ensemble des deux barres était maintenu par des coussinets fixés sur des traverses.

L'insuccès relatif de ce système de voie, dont l'idée était cependant très rationnelle, tient à ce qu'on a employé pour former le rail et surtout le contre-rail, des barres dont la section était trop faible, et insuffisante pour résister à la flexion verticale due au poids des charges que la voie avait à supporter du fait des lourds chariots du roulage ordinaire, et surtout à la flexion horizontale due au choc que ces mêmes véhicules produisaient en traversant la voie. Il faut, en effet, remarquer que, dans ce système, le rail et le contre-rail ont à supporter l'un après l'autre, et jamais ensemble, le choc transversal, et qu'ils présentent une faible résistance quand le sens de la marche du chariot est telle que la barre tend à fléchir du côté de l'ornière.

Aussi les voies en question ont-elles été détruites rapidement, effet qui a été accéléré par la trop grande légèreté des coussinets et des traverses qui les supportaient.

En résumé, dans ce genre de voies, on paraît s'être surtout préoccupé de réduire autant que possible le poids du rail et surtout du contre-rail, ainsi que le poids et le nombre des coussinets, afin de diminuer le prix de premier établissement; nous pensons que l'on doit, au contraire, constituer une voie robuste et capable de résister à l'effet destructeur des véhicules étrangers. Si l'on est conduit ainsi à une voie lourde et coûtant plus cher par mètre courant, on réalise une économie très importante sur les frais d'entretien et de renouvellement, qui sont diminués dans une très large proportion.

Ayant eu à nous occuper de l'établissement de la ligne de tramway à vapeur de Cambrai à Catillon, qui devait être exploitée comme un véritable chemin de fer par trains longs, remorqués par des locomotives ordinaires, les inconvénients des voies existantes nous ont frappé, et nous avons cherché une solution qui les réduisît au minimum, si toutefois il n'était pas possible de les supprimer complètement.

Après un examen attentif des différents systèmes employés jusqu'à

ce jour, nous avons adopté celui dont nous allons donner la description.

Cette voie se compose de deux files de rails; chaque file comporte deux rails à double champignon enserrant entre eux la tête de coussinets en fonte fixés sur des traverses.

Les deux rails et le coussinet sont réunis par un boulon avec rondelle Grover pour éviter le desserrage de l'écrou, et diminuer par suite l'entretien toujours très coûteux des voies noyées dans la chaussée.

Les coussinets ont la hauteur suffisante pour permettre de poser sur la surface supérieure des traverses une couche de sable de 25 millimètres et un pavé de 160 millimètres de hauteur.

Les barres sont reliées entre elles au moyen d'éclisses serrées par 4 boulons avec rondelles Grover, à la manière des rails des voies ordinaires de chemins de fer. La pose est faite en chevauchant les joints du rail et du contre-rail; la faible largeur de l'ornière ne permettant pas de mettre les éclisses de deux barres en face l'une de l'autre.

Le rail et le contre-rail, de 8 mètres de longueur normale, *sont identiques*, ils ont absolument la même section, correspondant à un poids de 18 kilogrammes par mètre courant. Cette condition est naturellement indiquée, puisque les deux barres ont à supporter isolément les mêmes efforts provenant des causes extérieures. D'autre part, c'est une simplification pour l'entretien, qui est rendu plus facile par l'emploi d'un seul type de profil (pl. 52).

Avec cette disposition, disparaissent les inconvénients signalés plus haut pour la voie généralement employée.

L'écartement de la voie est facile à maintenir, puisque les traverses, les coussinets et les rails sont solidement reliés ensemble.

L'ornière conserve indéfiniment sa largeur à cause de la rigidité des deux barres, et sa profondeur peut être celle correspondant à la plus grande usure possible du rail et des bandages des roues. Il suffit de placer assez bas les boulons d'éclisses et ceux qui réunissent les rails aux coussinets, pour qu'il n'y ait jamais contact entre ceux-ci et les boudins des roues.

L'assemblage des barres au moyen d'éclisses est très solide et donne une continuité absolue aux différentes files de rails.

La largeur de l'ornière peut varier suivant les besoins, dans les courbes par exemple, en employant des coussinets différents, si l'im-

portance et la régularité des courbes le justifie; sinon, en interposant entre le rail et le coussinet, ou entre celui-ci et le contre-rail, ou des deux côtés à la fois, des cales de différentes épaisseurs. On peut ainsi faire varier très simplement la largeur de l'ornière à volonté en prenant la surlargeur, soit du côté du rail, soit du côté du contre-rail, soit en laissant l'axe de l'ornière sans déplacement.

Le cintrage se fait à froid, en place, au moment de la pose; la longueur de 8 mètres, adoptée pour les barres et leur section, permet ce cintrage dans des conditions très pratiques.

La voie que nous venons de décrire se compose des pièces suivantes pour une longueur de 8 mètres et pour une pose avec onze traverses :

4 rails en fer à 18 kilogrammes le mètre courant.	576^k
8 éclisses à 1^k,90 la pièce.	15,2
16 boulons d'éclisses avec rondelles Grover à 0^k,250 la pièce.	4
22 coussinets en fonte à 7^k,3 la pièce.	160,6
22 boulons de fixation des rails aux coussinets avec rondelles à 0^k,380 la pièce.	8,4
44 tire-fonds de fixation des coussinets sur les traverses à 0^k,250 la pièce.	11
Poids total de la partie métallique pour 8 mètres de voie	775,2
Soit, par mètre courant de voie sensiblement.	97^k

Le nombre des traverses étant, suivant cette pose, de onze par longueur de rail de 8 mètres, et leurs dimensions étant de 1,70 × 0,15 × 0,12, leur cube de 0^m,030.6 il en résulte qu'on a par mètre courant de voie, un nombre de 1,375 traverses et un cube de 0^{mc},420 sensiblement.

Cette voie est posée depuis plus de deux ans, sur la route nationale n° 39, pour servir à l'exploitation du tramway de Cambrai à Catillon, partout où la voie emprunte la chaussée.

Elle s'est parfaitement comportée jusqu'à ce jour, bien que la route en question, aux abords des villages et sur quelques autres points, soit excessivement fréquentée, dans la mauvaise saison surtout, par les chariots pesamment chargés qui amènent les betteraves aux sucreries, fort nombreuses dans la région desservie.

Elle supporte un service très actif de trains comprenant 5 à 6 voitures ou wagons à marchandises remorqués par des locomotives de 15 tonnes

à 3 essieux couplés, sur des rampes qui atteignent 33 millimètres et dans des courbes qui descendent jusqu'à 75 mètres de rayon.

L'entretien a été presque nul jusqu'à ce jour et le pavage a très bien résisté, même au droit des traverses, ce qui justifie la disposition et les dimensions adoptées pour les coussinets.

Nous croyons que cette voie, quoique plus coûteuse d'établissement que celles avec rails à ornières sur longrines en bois, est en définitive plus économique que ces dernières, par suite de la diminution considérable des frais d'entretien ; elle a dans tous les cas l'avantage de permettre une exploitation sérieuse par moteur mécanique, résultat que n'ont pas permis d'atteindre, au moins à notre connaissance, les voies à ornières ordinairement employées jusqu'à ce jour.

NOTE

SUR LA

FABRICATION DU PAPIER DE PAILLE

DANS LE LIMOUSIN

PAR M. BUROT.

La fabrication du papier de paille dans le centre de la France et surtout en Limousin date d'environ cent ans; les premiers essais se bornèrent à un coupage grossier de la paille, que l'on faisait ensuite macérer dans l'eau et broyer au pilon ou sous une meule; le papier était fait à la main sur des formes ou cadres garnis de toile métallique, comme cela se pratique encore pour quelques sortes de papiers blancs et les cartons et les feuilles séchaient ensuite à l'air. Mais avec ces procédés primitifs la fabrication était forcément restreinte et le papier d'un prix relativement élevé; ce n'est qu'après l'invention de la pile hollandaise, remplaçant le pilon, et les progrès considérables de la mécanique depuis une cinquantaine d'années, permettant de réaliser la machine à papier sans fin actuelle, que cette industrie a pu se développer convenablement et arriver à l'importance qu'elle a aujourd'hui.

Le Limousin compte quarante à cinquante usines, principalement dans la Haute-Vienne et dans la Corrèze, dont quelques-unes peuvent fabriquer jusqu'à 4,000 et 5,000 kilogrammes de papier par vingt-quatre heures, alimentées presque exclusivement par la paille du pays.

La paille employée de préférence et donnant les meilleurs résultats est celle de seigle que l'on récolte en abondance sur les plateaux du

Limousin, où la culture du blé ne donne pas d'aussi bons résultats. Cette paille est généralement vendue directement par le cultivateur au fabricant à qui il la livre à l'usine; elle est aussi quelquefois fournie aux fabriques importantes par des acheteurs, qui en font le commerce et qui achètent sur place la paille de leur contrée et l'expédient alors par wagons à d'assez grandes distances. Les prix varient de 4 à 5 francs les 100 kilogrammes, suivant la saison et l'état des récoltes.

I. **Composition de la paille.** — La paille de seigle n'étant pas exclusivement employée dans la fabrication de ce papier, surtout dans le midi et l'est de la France, je donne ci-dessous un tableau extrait du *Traité pratique de fabrication du papier*, par Carl Hoffmann, indiquant la composition des différentes sortes de paille qui peuvent s'employer, d'après les essais faits par plusieurs chimistes qui se sont spécialement occupés de cette question; on peut admettre que ce tableau donne des moyennes assez exactes :

DÉSIGNATION.	BLÉ.	SEIGLE.	AVOINE.	ORGE.	FÈVES.	COLZA.	MAIS.
	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.
Matières fibreuses ou ligneuses....	51.5	48	47	50	46	53	25
Eau et matières incrustantes pouvant s'extraire par la lessive.......	48.5	52	53	50	54	47	75

Les pailles de blé et de seigle sont les moins cassantes et peuvent donner un papier beaucoup plus solide que les autres; mais la paille de blé donne un papier moins jaune et d'un moins bel aspect que celle de seigle, c'est pourquoi cette dernière est préférée.

Ainsi qu'on l'a vu dans le tableau ci-dessus, les matières fibreuses forment environ la moitié du poids de la paille; cette matière, appelée cellulose, est garnie de matières incrustantes qui se sont toutes formées comme dans la plupart des plantes, lors de la végétation, par différentes transformations de la sève en matières solides ligneuses ou incrustantes, suivant la proportion d'oxygène abandonnée par les plantes pendant le jour.

L'élément essentiel de la sève est la glucose $C^6 H^5 O^5 + HO$, que l'on retrouve par le traitement de toutes les celluloses; d'après une théorie

assez rationnelle émise par M. Orioli, de Pontcharra, dans le « *Papier et ses matières premières*, » suivant que cet élément est plus ou moins modifié par la quantité de carbone, oxygène ou hydrogène, on obtient une progression allant de la glucose $C^6 H^5 O^5 + HO$ à la dextrine et eau $C^{12} H^{10} O^{10}$, fécule et eau $C^{18} H^{15} O^{15}$, cellulose et eau $C^{24} H^{20} O^{20}$, jusqu'aux combinaisons très riches en cellulose ou polycellulose ; et cette progression correspond aux différentes qualités de papier que l'on peut obtenir avec les plantes employées actuellement, qualités qui se classeraient ainsi, par exemple, en sens inverse : papier de coton, de lin, de chanvre, de paille, de bananier, etc., etc.

Cette théorie supposerait que la différence que l'on voit dans ces divers papiers ne provient que de cette différence de formation de cellulose, et non de la combinaison de matières grasses ou gélatineuses qui n'existent que dans les sortes fabriquées économiquement et dans lesquelles la préparation n'a pas enlevé toute la matière incrustante de la cellulose; tel est le cas du papier de paille auquel la matière incrustante donne un liant, qui aide au feutrage des fibres.

D'après cette théorie, on pourrait faire varier la qualité du papier en modifiant la cellulose ; il faudrait, pour cela, y ajouter ou enlever de l'oxygène, comme le fait la nature dans la végétation, par des agents d'hydratation ou de déshydratation. L'acide sulfurique, par exemple, agit sur le papier de coton en lui donnant l'aspect élastique du papier de chanvre. Il est probable qu'on pourrait obtenir des effets semblables avec le papier de paille en employant des réactifs convenables.

II. **Préparation et coupage de la paille**. — Ainsi que je l'ai dit plus haut, la paille de seigle est celle qui donne les meilleurs résultats dans le Limousin ; on la choisit autant que possible de belle qualité et exempte d'herbes étrangères qui altèrent la belle couleur jaune que l'on recherche, et nuisent à la solidité du papier; les pailles contenant très peu de moelle sont également préférables ; la moelle, ainsi que les herbes, sont rapidement attaquées par la chaux qui sert à préparer la pâte, et n'ont aucune résistance dans la feuille.

La paille vieille perd aussi beaucoup en restant exposée à la pluie et au soleil ; elle pourrit et devient noirâtre, ainsi que le papier fabriqué avec.

Aussi les usines qui peuvent couvrir ou emmagasiner, sous des han-

gards, leur provision de paille, le font avec soin pour obtenir une fabrication aussi belle et aussi régulière que possible.

De là, la paille passe au coupage qui se faisait autrefois et se fait encore dans quelques fabriques, à l'aide d'un appareil formé de deux plateaux portant plusieurs lames hélicoïdes qui tournent rapidement devant une contre-lame, comme le coupe-chiffon des fabriques de papier blanc; mais on lui préfère aujourd'hui le hache-paille ordinaire à volant porte-lame, employé dans l'agriculture; ce hache-paille ne s'engorge pas; il est d'un entretien facile et produit davantage que le coupe-chiffon.

Le modèle ordinairement employé a un volant de 1^{m},200 à 1^{m},400 de diamètre, portant quatre lames et faisant 250 tours par minute; il prend une force d'environ cinq à six chevaux et peut couper 2,000 à 2,500 kilogrammes à l'heure, par longueurs de 30 à 40 millimètres; la paille ainsi coupée pèse environ 75 à 80 kilogrammes le mètre cube.

III. **Macération**. — Le coupe-paille est généralement placé au-dessus des fosses à macérer, de façon que la paille coupée puisse s'écouler immédiatement dans ces fosses par une trappe s'ouvrant dans le plancher portant le hache-paille.

Les fosses sont autant que possible complètement cimentées et parfaitement étanches; car, au fur et à mesure que l'on y jette la paille coupée, il faut l'arroser en abondance, régulièrement et par couches successives, d'un lait de chaux préparé dans un cuvier placé à côté des fosses ou au-dessus, pour que l'arrosage se fasse rapidement à l'aide d'un tuyau partant du fond du cuvier et circulant le long des fosses.

Ce lait de chaux contient en moyenne 1 pour 100 de chaux en poids, correspondant à une dépense de 20 à 25 kilogrammes de chaux environ, par 100 kilogrammes de papier fabriqué. Chaque fosse contient de 8 à 10 mètres cubes de paille suivant la production de l'usine.

La chaux agit sur les matières incrustantes et les combinaisons siliceuses contenues dans la paille, et les transforme en une pâte gluante qui sert de colle au papier. Cette opération remplace le pourrissage qui se faisait autrefois et n'enlevait que lentement la partie glutineuse. La cellulose reste libre et conserve toutes ses qualités résistantes, à condition toutefois que la macération ne dépasse pas un

temps déterminé, car la chaux finirait par attaquer la cellulose qui n'offre pas assez de différence de composition avec les parties incrustantes, et le papier obtenu serait noirci et aurait perdu toute solidité. On ne peut donc pas éliminer le tout, sans cela on arriverait à produire, avec les fibres de la paille qui sont rondes comme celles du chanvre et du lin, du papier presque aussi beau et aussi résistant.

Toute cette partie de la fabrication exige une grande surveillance et une certaine habitude pour reconnaître si la macération est parvenue au degré convenable, car l'état et la qualité de la paille, ainsi que l'état de la température, peuvent modifier le degré de la macération. En été, pendant les fortes chaleurs, un jour à peine peut suffire, tandis qu'en hiver il faut laisser la paille huit à dix jours dans les fosses ; le froid arrête en effet la décomposition des matières glutineuses, tandis que la chaleur est un agent actif de cette décomposition.

Quelquefois les fosses sont à découvert dans une cour ; mais on comprend qu'il y a avantage à les couvrir et les renfermer autant que possible pour atténuer les effets de la température sur cette phase de la fabrication ; quand les fosses viennent d'être vidées, l'air a également une influence nuisible sur le dépôt qui reste au fond et qui se décompose et noircit la paille fraîche, si on n'a pas soin de les remplir immédiatement.

Une fois retirée des fosses, où on égoutte préalablement la paille en faisant évacuer l'eau dans une conduite souterraine, par une bonde placée au fond de chaque fosse, on la met en tas pour achever l'égouttage, en attendant qu'on la jette sous les meules à broyer ; cet égouttage peut durer de deux à six jours, suivant la saison ; mais, dans les grandes chaleurs, il est préférable de ne retirer la paille qu'au fur et à mesure des besoins de la fabrication, pour éviter autant que possible le contact de l'air qui noircit rapidement la paille, en présence du lait de chaux.

L'égouttage à l'air complète la macération, en activant l'attendrissement des fibres par un commencement de pourrissage, qui ne doit pas être trop prolongé pour conserver la solidité du papier.

La macération de la paille se fait encore à la vapeur ; mais les quelques fabriques du Limousin qui employaient autrefois ce procédé, y ont renoncé depuis qu'on a reconnu que la chaleur, tout en activant la macération, altère la belle couleur du papier. Ce système est plus répandu dans l'Isère et les Pyrénées, où on arrose la paille d'un lait

de chaux plus faible que celui qu'on emploie dans le Limousin, puis on envoie par le fond des fosses un jet de vapeur qui se répand dans la masse et détermine un pourrissage rapide; on arrive, de cette façon, à pouvoir retirer la pâte au bout de un ou deux jours, suivant l'état des pailles; mais cette opération demande plus de soin que la macération à froid, pour ne pas abîmer les fibres, et on obtient généralement un papier moins jaune.

Quelquefois aussi les fosses sont remplacées par de véritables lessiveurs en bois ou en tôle, dans lesquels on envoie le lait de chaux et la vapeur.

IV. **Broyage. — Meules.** — Le broyage se fait presque partout à l'aide de meules en pierres, appelées *brèges* dans le pays; c'est le molleton ordinaire employé dans la fabrication de l'huile, des ciments et de la poudre, composé de deux meules roulantes AA, maintenues par un essieu horizontal (fig. 1), et tournant sur une meule fixe ou

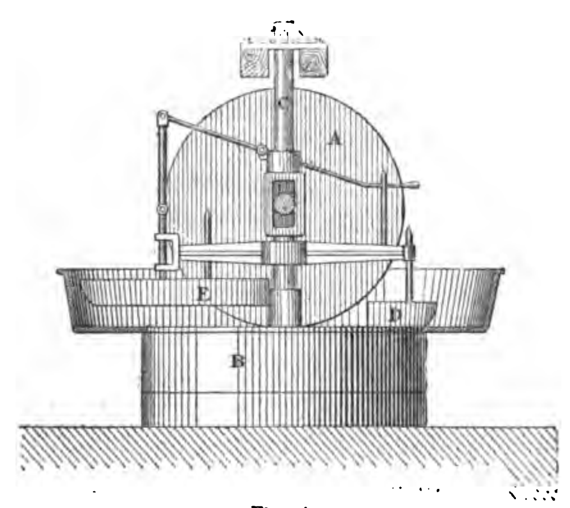


Fig. 1.

gîte B, scellée à plat; cette meule fixe est entourée d'une cuvette en fonte ou en tôle, à sa partie supérieure, dans laquelle on jette la paille macérée. L'essieu, reliant les meules, traverse un arbre vertical C en fonte, qui reçoit le mouvement de rotation à l'aide d'engrenages et entraîne ainsi les meules roulantes à une vitesse moyenne de quinze à seize tours par minute, les meules ayant 1^{m},450 à 1^{m},500 de dia-

mètre, sur une épaisseur de 450 à 500 millimètres. La charge de paille macérée que l'on jette sous les meules à chaque opération est d'environ 100 à 120 kilogrammes, pouvant produire 25 à 30 kilogrammes de papier; la durée du broyage de cette charge est très variable et peut aller de quarante-cinq minutes à une heure et demie et deux heures, suivant l'état de la macération et la qualité de la paille ainsi que celle du papier à obtenir, et l'importance de la charge; cependant, en général, cette opération bien conduite ne prend pas plus d'une heure.

Dans ces conditions, il faut une force de quatre à cinq chevaux pour entraîner une paire de meules; chez quelques fabricants, qui mettent jusqu'à 150 kilogrammes et plus de pâte par charge, et font tourner à dix-huit ou vingt tours par minute, les meules exigent au moins six chevaux par paire.

Dans quelques installations les meules sont mises en mouvement par un arbre de couche passant au-dessous du niveau du sol et commandant l'arbre vertical à l'aide d'engrenages coniques; mais la disposition généralement employée et la plus convenable consiste à placer les meules autour de la turbine qui doit leur donner le mouvement, comme dans les manèges commandant plusieurs paires de meules à blé.

Les premiers appareils de ce genre avaient été construits avec une seule meule roulante sur le gîte, et l'on retrouve encore cette disposition dans quelques anciennes usines du Limousin, mais dès que l'on a pu construire des arbres en fonte permettant de faire traverser l'essieu pour recevoir deux meules, ce système a été rapidement abandonné; en effet, les deux meules s'équilibrent mieux entre elles dans le travail et annulent l'effet de la force centrifuge qui tend à les faire sortir du chemin à parcourir. Le travail est aussi plus régulier.

Afin d'activer le broyage et de simplifier le travail de l'ouvrier chargé de la surveillance, lorsque les meules passent sur la paille en l'écrasant et l'étalant sur le gîte, le relevage se fait automatiquement pour la ramener dans le chemin des meules; pour cela, un bras fixé à l'arbre vertical passe entre les deux meules et porte une tôle D, appelée attiseuse, raclant sur le gîte, en poussant la paille devant elle et cintrée de façon à la faire glisser sous la meule qui suit; cette attiseuse a pour but de ramener la paille chassée à la circonférence, et celle qui est renvoyée vers le centre est également repoussée sous

les meules par une autre attiseuse fixée à l'opposé de la première, contre l'arbre vertical.

Un perfectionnement est venu compléter cette disposition par l'emploi d'une troisième raclette en tôle E, appelée ramasseur, pour faciliter et activer le vidage de la pâte broyée. Cette opération, qui se fait dans beaucoup d'usines sans arrêter les meules, peut occasionner des accidents, car l'ouvrier est obligé de profiter du passage de chaque meule, pour promener rapidement sa pelle sur le gîte et ramener la pâte vers un trou percé à la circonférence de la cuvette; aussi, pour faire ce travail sans trop de danger, il faut ralentir la marche, et, dans quelques usines, on arrête complètement les meules ; or, la perte de temps produite par le vidage est considérable, et le ramasseur avance beaucoup cette opération. Il est maintenu, comme l'attiseuse extérieure, par un bras fixé à l'arbre vertical, mais la tige qui le porte peut monter et descendre, de façon à soutenir en l'air le ramasseur pendant le broyage, ou à le faire racler sur le gîte dès que l'on veut vider les meules ; un mécanisme spécial de leviers de manœuvre, permet de faire fonctionner le ramasseur sans arrêter les meules ; la courbure de la tôle est prononcée en sens inverse de celle de l'attiseuse, de sorte que la paille est prise sur le gîte et chassée à la circonférence, où le ramasseur finit par la pousser hors de la cuvette par un orifice garni d'une portière à coulisse.

Quelques autres broyeurs sont encore en usage pour préparer la pâte,mais ils sont peu répandus et n'ont pas encore été éprouvés d'une façon satisfaisante.

Un nouveau système de meules a été aussi essayé depuis deux ou trois ans et paraît donner d'assez bons résultats, lorsqu'on l'emploie concurremment avec les anciennes meules ; ce système comporte deux meules en fonte roulant sur un gîte en pierre : ces meules sont garnies de lames, formant sur la circonférence une série de rayures ou dents transversales qui coupent la paille pendant la rotation et activent considérablement le broyage ; mais la paille doit être repassée ensuite sous les meules ordinaires pour obtenir une pâte propre à la fabrication, et malgré l'économie de temps que paraît procurer ce système, on peut se demander si cet avantage compense suffisamment les frais supplémentaires d'installation et de manutention.

Un système de broyeur tout différent est employé uniquement dans deux fabriques du pays, et se compose d'un cylindre creux, garni

intérieurement de lames en acier, dans lequel tourne un autre cylindre portant également des lames disposées en hélice qui passent entre les premières; la paille introduite à une extrémité de l'appareil est broyée pendant son parcours entre les cylindres et sort à l'opposé sous forme de pâte; elle peut ensuite passer directement dans les cuviers mélangeurs de la machine. Ce système ne paraît cependant pas devoir convenir pour toutes les sortes de papiers; aussi, quoique son emploi réduise sensiblement les frais d'installation et la main-d'œuvre, son usage ne s'en est pas répandu.

V. **Raffinage. — Piles.** — Lorsque la pâte est broyée sous les meules qui ont écrasé les nœuds et les fibres en les réduisant de longueur, il faut encore la raffiner à l'aide de la pile; cet appareil achève l'écrasement des fibres, en les étirant et les amincissant, de manière à les rendre propres au feutrage, en même temps qu'il opère un mélange plus intime de la matière. Cependant ce travail ne modifie pas sensiblement la dimension des fibres, à moins d'exiger un temps trop long, de sorte que le broyage préalable des meules doit être plus ou moins prolongé, suivant la qualité de papier à obtenir.

La pile employée pour la fabrication du papier de paille est construite comme les appareils du même genre servant au papier blanc; elle se compose d'une cuve en fonte C, de forme allongée (fig. 2). Une cloison A de même hauteur que les côtés de la cuve, règne au milieu de la largeur sur une longueur à peu près égale à celle des faces droites, sans rejoindre les extrémités. Un cylindre B, garni de lames en acier, occupe la moitié de la largeur de la cuve et son arbre affleure à peu près les bords, de sorte que le cylindre plonge par moitié dans la cuve; ce cylindre est également en fonte et d'un diamètre généralement plus grand que la profondeur de la cuve et ses lames sont disposées en génératrices, en saillie de 4 à 6 centimètres et frottent sur une platine D encastrée dans le fond de la cuve. La platine est formée d'une série de 10 à 15 lames également en acier, et se trouve surélevée par rapport au fond qui vient rejoindre en pente douce le niveau supérieur des lames; de l'autre côté de la platine le fond se prolonge en une courbure légèrement excentrique par rapport au cylindre, de façon à s'élever à environ 5 centimètres du bord; puis il descend rejoindre le niveau inférieur qui existe dans l'autre partie de la cuve sur toute la longueur.

Une poulie, placée à l'extrémité de l'arbre opposée au cylindre et en dehors du palier, reçoit le mouvement d'une transmission animée d'une grande vitesse, et la pâte étant jetée dans la pile en même temps que l'on ouvre un gros robinet à eau placé au-dessus, tout le mélange liquide est entraîné dans le rapide mouvement de rotation du cylindre

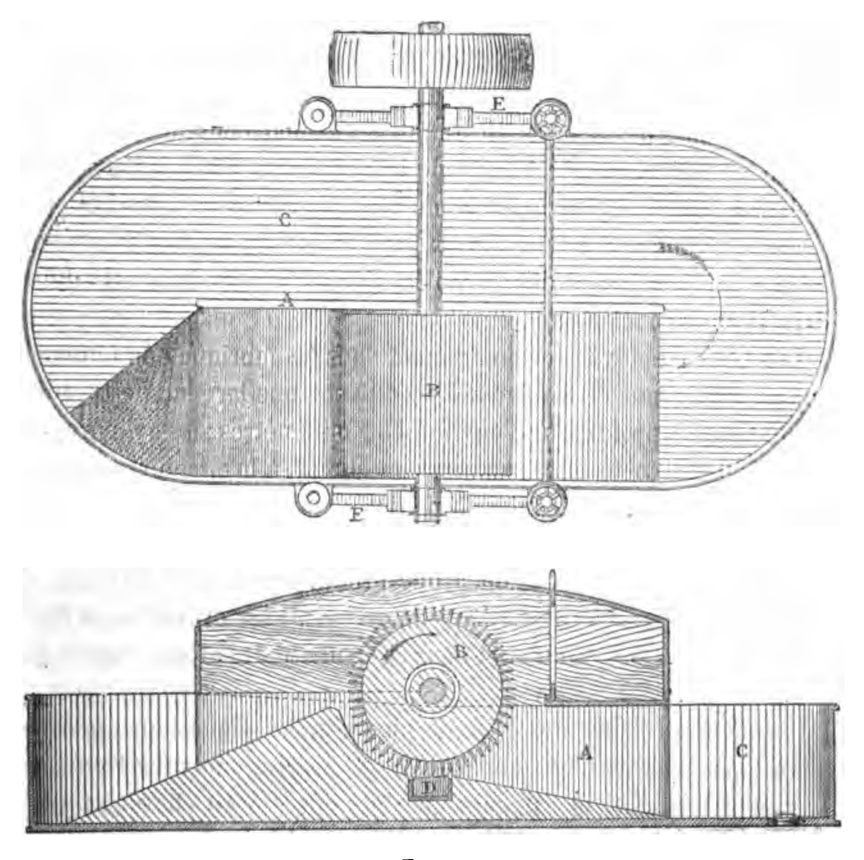


Fig. 2.

qui produit l'effet d'un véritable élévateur en relevant la pâte sur le saut, d'où elle redescend pour faire le tour de la cuve et repasser continuellement sous l'action du cylindre.

Il s'établit ainsi une circulation assez rapide pendant laquelle la pâte revient un grand nombre de fois entre le cylindre et la platine, où elle est énergiquement triturée, et pour aider à cette trituration et la rendre plus régulière, l'ouvrier active la circulation par un spatulage répété,

à l'aide d'une palette en bois ; il mélange ainsi et ramène au centre du courant la pâte du fond et des parois qui circule moins vite que le reste par suite du frottement contre la cuve. Le raffinage s'opère de la sorte en 40 ou 50 minutes, suivant la qualité de la paille et celle du papier que l'on veut fabriquer.

Les paliers dans lesquels tourne l'arbre du cylindre, reposent d'habitude sur deux leviers E qui peuvent monter ou descendre à l'aide d'un mouvement de commande par vis sans fin, et permettent, au fur et à mesure que l'opération s'avance, d'abaisser le cylindre et le rapprocher de la platine pour achever le raffinage. Quand l'ouvrier juge l'opération terminée, ce que l'habitude lui fait reconnaître à l'aspect du mélange liquide et au bruit produit par le frottement des lames, il relève le cylindre et ouvre une soupape placée au fond de la cuve qui facilite par son grand diamètre l'écoulement rapide de la pâte diluée dans le cuvier mélangeur.

Les piles employées ordinairement dans les fabriques du Limousin ont une longueur de 3 mètres à 3^m,600 sur une largeur de 1^m,400 à 1^m,500 et une profondeur d'environ 550 millimètres ; les cylindres ont 600 à 650 millimètres de longueur et mesurent, à la circonférence extérieure des lames, un diamètre à peu près égal à cette longueur. Elles peuvent contenir une charge de pâte pesant 120 à 150 kilog. au sortir des meules, et correspondant à une production de 30 à 40 kilog. de papier ; la vitesse moyenne à laquelle marchent les cylindres est d'environ 250 tours par minute, et dans ces conditions la force requise par pile peut s'élever à 6 chevaux.

On construit aussi des piles de plus grandes dimensions, pouvant raffiner par opération une quantité de pâte correspondant à 100 kilog. de papier fabriqué, et exigeant une force de 8 à 10 chevaux ; mais elles sont encore peu répandues dans cette fabrication quoiqu'elles donnent de bons résultats.

On trouve également, dans un certain nombre d'usines, des piles dont les cuves sont construites en chêne et les cylindres en ormeau, par mesure d'économie ; le fond est garni de tôle ou de zinc pour faciliter la circulation et le spatulage, et lorsque ces piles sont bien établies elles fonctionnent aussi bien que les piles en fonte. Quelques manufacturiers se livrant à la fabrication du papier de paille teinté en gris, bleu, rouge, etc., à l'aide de différentes compositions colorantes, préfèrent aussi les cuves et les cylindres en bois aux piles en fonte qui

sont assez rapidement rongées et mises hors de service par les acides employés pour la coloration.

La grande économie de temps que procurent les piles actuelles pour le raffinage de la pâte, relativement à la production des anciens pilons travaillant par choc, n'est obtenue, ainsi qu'on l'a vu, qu'à l'aide d'une dépense considérable de force motrice qui fait souvent défaut dans un grand nombre d'usines qui sont mises en mouvement par des cours d'eau dont le débit est très variable et presque nul à de certaines époques de l'année ; aussi a-t-on cherché à construire des appareils plus avantageux sous ce rapport, et un nouveau système de pile perfectionné par M. E. Debié, paraît assez judicieusement établi pour arriver à ce résultat. Il se compose d'une cuve ayant la forme ordinaire, mais dont le fond a une pente uniforme à partir du saut ; devant le cylindre, se trouve une roue à palettes courbes tournant très lentement et dont la mission est de remplacer complètement la rampe formée par le fond, dans les piles ordinaires, pour élever la pâte au niveau de la platine ; ici la pâte est relevée par cet élévateur et le cylindre n'a plus qu'à la triturer. Par suite de cette disposition on peut faire le cylindre d'un diamètre très restreint et avec des lames dépassant de 2 à 3 millimètres la surface du cylindre ; en les faisant en acier mince on n'a pas besoin de les retailler, et un travail d'entretien assez long est supprimé de ce fait. Dans ces conditions d'établissement l'effort nécessaire pour opérer le raffinage est considérablement réduit et différentes expériences faites par M. Debié sur des piles de ce système ont établi qu'elles économisent 30 à 40 pour 100 sur la force requise par les anciennes piles. Ce résultat provient de ce que le travail demandé par la circulation de la pâte dans la cuve, absorbe une grande partie de la force motrice [1], et que, dans les piles ordinaires, le cylindre est construit dans de très mauvaises conditions pour effectuer ce travail, étant disposé plus particulièrement en vue de la trituration de la pâte sur la platine ; or l'élévateur est étudié de façon à élever et faire circuler la pâte d'une manière plus rationnelle, et c'est de ce chef que résulte principalement l'économie constatée.

1. D'après des expériences exécutées par M. Lespermont, chez MM. Dambricourt frères, à Wizernes, sur une pile à cylindre de 1 mètre de diamètre et $0^m,700$ de largeur, raffinant de la cellulose de paille et bois et marchant à 180 tours, le travail du raffinage proprement dit prenait 0,60 cheval, tandis que le travail pris par le battage des lames pour l'élévation de la pâte s'élevait à 4 chevaux et celui du frottement des tourillons à 1,50 cheval.

VI. **Lavage**. — La paille livrée aux fabriques du pays est généralement assez propre et exempte d'herbes étrangères, mais il arrive cependant quelquefois, et plus particulièrement dans certaines contrées, que la paille employée n'est pas suffisamment pure, et qu'afin d'obtenir une pâte propre, on est obligé d'éliminer autant que possible les traces de terre ou de matières étrangères contenues dans cette pâte.

On pourrait faire cette opération comme dans les fabriques qui préparent la pâte de paille blanchie pour le papier blanc, en nettoyant la paille, après le coupage, à l'aide de batteurs et de ventilateurs qui la secouent et séparent toutes les matières plus lourdes que la paille ; mais dans la fabrication du papier de paille pour emballage, qui se vend à un prix très bas et ne pourrait pas supporter tous ces frais de main-d'œuvre, on simplifie le travail en traitant la pâte diluée.

Ce travail s'accomplit donc pendant le raffinage, à l'aide d'un système de lavage usité également dans les fabriques de papier blanc, et qui permet d'enlever plus facilement qu'à toute autre période de la fabrication la plupart des impuretés contenues dans la pâte.

Le lavage s'effectue avec un châssis en bois garni d'une toile métallique en laiton n° 50 à 60, appelé châssis laveur ; il est placé dans le tambour qui enveloppe le cylindre pour éviter les projections de pâte, et reçoit, par suite de la rapidité du mouvement de rotation de ce dernier, toute la masse liquide projetée par la force centrifuge ; l'eau seule passe à travers la toile métallique et s'écoule de l'autre côté dans une petite rigole hors de la pile, tandis que la pâte retombe dans la cuve.

En même temps on renouvelle l'eau de la pile pendant toute la durée du lavage, au fur et à mesure que celle qui se salit au contact de la pâte s'écoule par le châssis laveur en entraînant avec elle les matières autres que les fibres.

Un châssis plein, pouvant s'abaisser en formant écran devant le châssis laveur, permet d'interrompre le lavage à volonté.

Ce système de lavage qui est le plus répandu, est assez défectueux sous le rapport de l'économie de la pâte, car, si l'on ne veut pas que le châssis laveur s'obstrue très rapidement, il faut employer des toiles métalliques à mailles larges qui laissent alors passer des fibres, par suite de la violence avec laquelle le cylindre projette la pâte sur le châssis ; tandis qu'en employant une toile trop fine la pâte bouche rapidement les mailles et le lavage se fait imparfaitement, ainsi que cela arrive fréquemment dans beaucoup de fabriques où les conduc-

teurs de cylindres ne prennent pas la peine de nettoyer régulièrement le châssis laveur.

On a donc cherché un appareil capable d'épurer la pâte d'une manière plus rationnelle, et on est arrivé, après diverses modifications, au système de tambour laveur actuellement employé, et qui, malgré son prix d'installation plus élevé que celui du châssis laveur, tend de plus en plus à se répandre.

Dans ce système le lavage s'effectue à l'aide d'un tambour de $0^m,600$ à $0^m,700$ de diamètre, placé au-dessus du compartiment libre de la pile, et pouvant plonger plus ou moins profondément dans le courant formé par la circulation de la pâte, à l'aide d'un mouvement de relevage parallèle supportant les deux tourillons ; ce cylindre est garni d'une toile métallique en laiton, n° 50 à 60, à travers laquelle l'eau peut pénétrer sans entraîner la pâte, et sous cette toile un certain nombre d'aubes en spirales partent de la circonférence pour se réunir au centre, comme dans une roue à tympan. Un mouvement de rotation assez lent est transmis à l'arbre de ce tympan par une série d'engrenages et une poulie actionnée par l'arbre du cylindre, et les aubes plongeant dans la pâte ramassent toute l'eau qui peut passer à travers la toile métallique et la déversent par le centre dans une rigole établie le long de la cuve.

Un autre système de tambour laveur extrayant l'eau sale à l'aide d'un siphon, a été imaginé il y a quelques années par M. Rapeaud, fabricant de papier à Fréteval ; le tambour A, garni de toile métallique, est dépourvu d'aubes et tourne du côté extérieur de la cuve sur un tourillon creux de grand diamètre C (fig. 3) dans lequel passe le tuyau E d'un siphon venant se terminer à l'intérieur du tambour par un large évasement en forme de pavillon, de manière à produire la succion sur une grande surface ; l'autre extrémité du tuyau descendant le long de la cuve, est munie d'un clapet F placé plus bas que le niveau inférieur du tambour de façon à assurer le fonctionnement du siphon quand le tambour plonge dans la pâte ; ce clapet se manœuvre depuis le bord de la cuve par une petite tringle filetée T, avec écrou formant volant de manœuvre G.

Pour mettre en marche le siphon un petit robinet, placé à la partie supérieure du tuyau, permet de le remplir avant d'ouvrir le clapet F, et l'eau qui a traversé la toile métallique du tambour laveur et pénétré dans l'intérieur, est aspirée dès que l'on ouvre le clapet, en ayant soin

de régler cette ouverture pour que l'eau qui s'écoule remplisse complètement l'orifice ; car dès que, pour une cause quelconque, le volume d'eau à enlever diminue et que le tuyau vient à se vider, le siphon se désamorce et le tambour ne fonctionne plus. C'est là l'inconvénient de ce système qui n'a, sur le système ordinaire, que l'avantage d'exiger

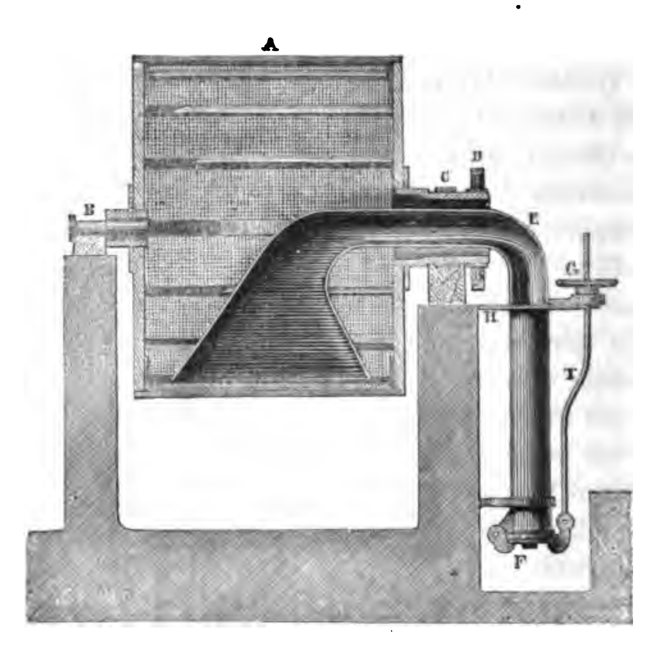


Fig. 3.

un peu moins de force motrice, par rapport à ce que ce n'est pas le tambour qui élève l'eau sale.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, les tambours laveurs sont encore peu employés en Limousin où on a l'avantage d'avoir des pailles assez propres et pures, contenant peu de matière incrustante et généralement exemptes d'herbes étrangères lorsqu'on fait la récolte ; mais il n'en est pas de même dans la plupart des autres contrées fabriquant le papier de paille ; l'emploi du tambour laveur est plus fréquent, et la paille ne rend guère en papier que 50 à 60 pour 100 de son poids, tandis que dans le Limousin on atteint 75 et 80 pour 100.

VII. **Raffineur à meules horizontales.** — Lorsque la pâte a été raffinée à la pile elle est immédiatement conduite dans les cuviers

mélangeurs ; il existe cependant une ou deux fabriques dans la Corrèze, où on la repasse au préalable dans un autre genre de raffineur ayant assez d'analogie avec un moulin à blé.

Dans la fabrique où cet appareil a été le plus récemment installé suivant un type breveté par la papeterie de Thode, il se compose de deux meules horizontales en pierre, de 1^{m},500 de diamètre, placées l'une sur l'autre et montées sur une tourelle en fonte à claire-voie dont la disposition peut d'ailleurs être modifiée suivant l'emplacement dont on dispose. Comme dans les meules à blé l'arbre portant la meule supérieure traverse le gîte et recoit sa commande dans le bas à l'aide d'engrenages coniques. Un mouvement de relevage sert à régler l'écartement des meules. Au lieu d'arriver comme le blé par l'œillard de la meule supérieure, la pâte diluée est envoyée entre les deux meules, par le bas, à l'aide d'un tuyau montant à côté du boîtard placé au centre du gîte. Cette disposition a pour but de produire une alimentation uniforme au moyen d'un appareil régulateur faisant partie de la machine. Ce régulateur est formé d'une cuve de 0^{m},600 de diamètre et 0^{m},350 de hauteur, dans laquelle une pompe envoie la pâte venant des piles ; il est placé un peu plus haut que la meule supérieure, et la communication est établie avec les meules par le tuyau partant du gîte et venant, en forme d'U, se relier au fond de la cuve ; de sorte que la différence de niveau tend toujours à faire écouler la pâte du régulateur dans les meules. Un autre tuyau mobile, placé verticalement au centre de la cuve et dont l'extrémité supérieure ne dépasse pas le bord, permet, en s'abaissant, de laisser écouler le trop plein dès que la pompe envoie la pâte en plus grande quantité que les meules ne peuvent en recevoir. Le niveau de la pâte dans le régulateur est donc toujours le même, une fois ce tuyau de trop plein réglé, et l'alimentation se faisant d'une manière régulière, les meules ne risquent pas de s'engorger et leur travail est également très régulier. Une enveloppe en tôle munie d'un déversoir laissant écouler la pâte raffinée, entoure les meules qui doivent être tenues constamment en bon état par un rhabillage soigné.

La pâte à raffiner doit aussi arriver sous les meules à l'état très fluide. Au sortir de la pile ordinaire on la fait passer dans une ou deux cuves mélangeuses de capacité assez grande pour que sa densité devienne aussi régulière que possible.

Ce raffineur a l'avantage d'écraser les parties dures et les nœuds de

la paille sans abîmer les parties déjà défibrées, le broyage fait à la pile ordinaire laissant toujours échapper une certaine quantité de ces nœuds qui ne sont pas suffisamment triturés, et si l'on veut faire ce raffinage dans la pile en prolongeant l'opération et en rapprochant trop longtemps le cylindre sur la platine, on risque de raccourcir les fibres et faire un papier peu solide. Aussi le papier obtenu avec de la pâte raffinée par le procédé de Thode, est-il de bien plus belle apparence que le papier provenant de pâte raffinée seulement à la pile. — Une autre fabrique obtient également sa pâte en la raffinant directement à la meule horizontale sans employer la pile.

VIII. **Cuviers mélangeurs**. — Quand la pâte est convenablement raffinée, on l'envoie dans les cuviers mélangeurs qui ont pour but de réunir la plus grande quantité possible de pâte provenant des différents broyeurs ou raffineurs employés pour l'alimentation de la machine à papier, afin de la mélanger et de fournir à la machine une pâte de densité très régulière. Cette régularité de la pâte correspond forcément à une uniformité d'épaisseur dans la feuille, et contribue essentiellement à rendre la fabrication plus parfaite et à réduire les arrêts causés par la *casse* de la feuille sur la machine à papier. On comprend en effet que toute différence dans l'état de dilution de la pâte, produisant une différence d'épaisseur dans la feuille, dès que celle-ci arrive plus mince ou plus épaisse sous les presses, ces dernières doivent être plus ou moins serrées pour essorer dans la même proportion la feuille naissante sur le feutre.

Il en est de même pour la température des sécheurs, qui doit être modifiée suivant la quantité d'eau qui reste dans la feuille, ainsi que pour la vitesse de la machine qu'il faut changer pour laisser plus longtemps en séchage une feuille épaisse qu'une feuille mince. Or le conducteur de la machine ne peut pas reconnaître les différences de densité de la pâte à la simple vue, et il ne s'en aperçoit que lorsque la feuille se coupe aux presses ou se déchire aux sécheurs ; cela arrive encore fréquemment malgré toutes les précautions prises, le papier de paille étant très peu solide à l'état humide et présentant plus de difficultés de fabrication que le papier de chiffons dont les fibres sont plus fortes et se feutrent mieux sur la table de fabrication. Aussi on doit assurer aussi complètement que possible l'uniformité de préparation dans la pâte, et comme la quantité d'eau que

les gouverneurs des piles envoient dans les cuves pour délayer la matière, est très variable et dépend de leur habitude, et qu'il est très difficile que la pâte provenant d'une pilée soit au même point de dilution que la précédente, on obvie à cet inconvénient en mélangeant plusieurs pilées successives dans d'assez grandes cuves.

Ces cuves, ou cuviers mélangeurs, sont généralement en bois (voir planche 53) ; ils ont 3 à 4 mètres de diamètre, sur 1^{m},800 à 2 mètres de hauteur et peuvent contenir une quantité de pâte donnant 300 à 400 kilog. de papier. Au centre du cuvier tourne un agitateur formé d'un arbre vertical en bois ou en fer qui porte quatre bras horizontaux dont deux sont fixés près du fond et les deux autres aux 2/3 de la hauteur ; ces bras sont reliés entre eux, à l'extrémité et au milieu de leur longueur, par des traverses formant deux cadres qui, en tournant dans la pâte, la maintiennent continuellement en mouvement et empêchent les parties lourdes de se déposer au fond. Les agitateurs font de 4 à 8 tours par minute suivant la dimension des cuviers. Cette vitesse ne doit pas être trop grande, pour éviter que les fibres se rassemblent par un mouvement trop rapide, et forment des pâtons qui gênent la fabrication.

On place d'habitude deux cuviers l'un à côté de l'autre, munis d'une roue à écope qui enlève la pâte de celui qui reçoit directement les pilées pour la déverser dans le deuxième, afin d'assurer encore davantage la régularité de la pâte. Chaque pilée donne elle-même, suivant la phase de l'écoulement, une pâte de densité très variable : au commencement du vidage la pâte est toujours plus épaisse qu'à la fin où l'on est obligé d'ajouter beaucoup d'eau dans la pile pour activer l'écoulement du fond et rincer la cuve.

On construit aussi un autre système de mélangeur qui s'emploie concurremment avec les cuviers quant on ne dispose pas de la place nécessaire pour installer plusieurs cuviers. Ce mélangeur est formé d'une caisse rectangulaire avec fond demi-cylindrique ; un arbre horizontal, placé au milieu de la hauteur de la caisse et dans le sens de la longueur, porte un certain nombre de bras, disposés en rayons et formant un pas de vis autour de l'arbre. Les extrémités de ces bras sont reliées entre elles par une hélice en fer plat qui forme une palette circulaire râclant parfaitement le fond de la caisse de façon à empêcher les dépôts pendant que les bras mélangent la matière.

La série de bras disposés sur l'arbre ne doit pas faire un tour complet dans toute la longueur, car on a reconnu que si le pas de vis est complètement formé, les palettes agissent comme une véritable hélice pleine en poussant la pâte devant elles, sans la mélanger; on se contente donc de faire 3/4 ou 4/5 de tour. L'hélice se fait aussi en bois, ainsi que la cuve qui, dans quelques fabriques, est construite en tôle ou en ciment. On la place ordinairement de façon à déverser directement la pâte dans la caisse de l'épurateur de la machine ; mais dans différentes fabriques, où la disposition des lieux ne permet pas de l'élever suffisamment, on ajoute à l'une des extrémités de l'arbre, en dedans de la cuve, une roue à écopes qui remonte la pâte dans une petite caisse placée sur le côté, et d'où elle s'écoule sur la machine à papier.

IX. **Machine à papier**. — La machine presque uniquement employée pour la fabrication du papier de paille, est celle désignée sous le nom de machine ronde ou à forme ronde (planche 53).

Elle se divise en trois parties bien distinctes et remplaçant chacune les opérations que l'on faisait autrefois à la main ou à l'aide d'appareils très primitifs : 1° formation de la feuille ; 2° égouttage ; 3° séchage.

La première opération s'effectue avec la forme ronde sur laquelle la pâte vient se déposer sous forme de feuille encore sans consistance. L'égouttage se fait ensuite à l'aide des presses ou cylindres parfaitement polis, entre lesquels vient passer la feuille entraînée par un feutre, pour subir une forte compression qui lui fait abandonner la plus grande partie de l'eau qui a servi jusque-là de véhicule à la pâte. Puis le papier est séché sur un certain nombre de gros cylindres en fonte, ou sécheurs, chauffés à l'aide d'un courant de vapeur à faible tension, sur lesquels il s'enroule successivement jusqu'au sortir de la machine.

1° *Forme ronde, épurateur*. — Ce système de machine à papier diffère essentiellement de celles qu'on emploie pour le papier blanc, par la forme ronde et la simplicité de l'épurateur qui est même quelquefois supprimé. L'appareil où la pâte est transformée en feuille humide, dans la machine à papier blanc, s'appelle table de fabrication et se trouve placé à la suite d'un ou plusieurs épurateurs horizontaux ou

rotatifs, dans lesquels la pâte abandonne toutes les impuretés, grains, boutons, etc., que les sablières n'ont pu arrêter.

La table de fabrication est composée d'un châssis supportant un grand nombre de petits rouleaux horizontaux en cuivre, très rapprochés les uns des autres, et sur lesquels passe une toile métallique très fine, entraînée par la rotation de deux cylindres placés à la fin de la table et destinés à essorer la pâte qui arrive sur cette toile à la sortie du dernier épurateur. L'avant de la table est animé d'un mouvement à secousses très rapides, qui étend la pâte sur la toile en régularisant son épaisseur, en même temps qu'il entrelace les fibres de façon à les croiser et à déterminer une sorte de feutrage.

Cette table de fabrication est d'une construction et d'un entretien coûteux, et la conduite en est très délicate ; c'est ce qui explique qu'on l'ait remplacée avantageusement, pour la fabrication de sortes grossières et d'un prix moins élevé que le papier blanc, par un appareil plus simple et plus économique qui donne des résultats suffisants pour cette fabrication. Cet appareil est la forme ronde qui a été construite pour la première fois par le fabricant de papier anglais, Georges Dickinson de 1820 à 1830, ou en 1815 par F. Robert suivant d'autres auteurs.

La forme est un gros cylindre A (planche 53), dont le diamètre varie de $0^m,800$ à $1^m,200$ et plus, suivant la dimension des machines ; sa circonférence est formée par une série de barreaux en fer disposés en génératrices, portant un grand nombre de cercles en cuivre mince cintrés sur champ, espacés de 20 à 25 millimètres et appelés *pointuseaux*. Les barreaux sont soutenus à chaque extrémité par deux plateaux en fonte ouverts autour du moyeu pour laisser écouler l'eau qui pénètre dans la forme, et cales sur un arbre en fer formant l'axe de la forme.

Une toile métallique en cuivre du n° 4 à 8, enveloppe les pointuseaux et l'on en ajoute par-dessus deux ou trois autres d'un numéro de plus en plus fin, la dernière arrivant ordinairement au n° 70.

La forme plonge à peu près jusqu'aux 3/4 de son diamètre dans une cuve B, en bois ou en fonte, ou elle s'emboîte assez exactement sur les côtés, et avec un jeu de $0^m,200$ à $0^m,300$ sur la circonférence.

Les tourillons reposent sur deux supports placés dans de petites caisses latérales C, où viennent déboucher les ouvertures centrales du cylindre ajustées avec très peu de jeu dans les côtés de la cuve, de

façon à éviter toute communication entre l'intérieur de la cuve et les caisses attachées sur les côtés.

L'avant de la cuve dont le fond est surélevé de façon à produire l'écoulement de la pâte diluée vers la forme, contient un épurateur E, placé verticalement. Cet épurateur est formé d'un cadre garni de barreaux en bronze espacés de 1/2 millimètre à 1 1/2, suivant la qualité du papier à fabriquer, et ce cadre qui pivote sur deux tourillons à sa partie inférieure, reçoit par le haut, un rapide mouvement de vibration communiqué par un rochet, contre lequel un ressort l'appuie constamment. La pâte arrivant dans la cuve, traverse l'épurateur en laissant sur la face d'avant, toutes les impuretés ou nœuds qui sont détachés par les secousses de l'épurateur et se déposent au fond de la cuve ; de là elle se rend autour de la forme en passant entre des cloisons formant sablières et disposées de façon à éviter que le courant vienne heurter contre la toile métallique.

Les cuvettes dans lesquelles débouchent les orifices ou œillards de la forme, sont en communication par de gros tuyaux F, avec une autre caisse D, placée en tête de la machine, dans laquelle une sorte de roue à tympan, appelée danaïde, puise continuellement l'eau qui s'écoule des cuvettes, pour la verser devant l'épurateur. Le courant établi ainsi, entraîne la pâte et la dépose sur la toile métallique de la forme, tandis que l'eau, qui lui a servi de véhicule jusqu'à ce moment, pénètre dans la forme et s'écoule par les extrémités, jusque vers la danaïde, où elle se mélange à nouveau avec une certaine quantité de pâte fraîche fournie par le tuyau venant du cuvier mélangeur M.

Ce retour de l'eau filtrée à travers les toiles métalliques de la forme, dans la caisse de la danaïde, a pour but d'utiliser les parcelles de pâte qu'elle peut entraîner avec elle, en même temps qu'on l'emploie à éclaircir convenablement la pâte venant des cuviers, pour faciliter la circulation dans l'épurateur et les autres parties de la cuve ; cette dilution n'est même pas suffisante avec l'eau de filtrage, et le conducteur de la machine est généralement obligé d'ajouter un jet d'eau fraîche.

Dans les machines nouvellement construites, on trouve aussi, au bas de la cuve, sous la forme et sur les côtés, des agitateurs rotatifs à palettes, destinés à maintenir les fibres en suspension et à les empêcher de se déposer au fond avec les matières étrangères plus lourdes.

La pâte déposée sur la forme ronde, par le courant qui se rend à la danaïde, est enlevée à la partie supérieure par un rouleau G en bois, de $0^m,200$ à $0^m,250$ de diamètre, enveloppé de feutre afin de préserver la toile métallique et d'assurer la pression régulière de ce rouleau sur toute la surface de la forme. Les tourillons de ce rouleau sont maintenus par deux leviers mobiles permettant au rouleau de suivre toutes les ondulations de la forme et de régler la pression nécessaire pour le décollage de la pâte, à l'aide de contrepoids placés sur les leviers.

La pâte humide ayant peu d'adhérence avec la toile métallique est alors facilement enlevée par un feutre sans fin H, en laine, venant des presses et s'enroulant autour du rouleau en lui communiquant son mouvement ainsi qu'à la forme, qu'il fait tourner lentement dans la masse liquide où elle se recouvre d'une nouvelle couche de pâte.

La formation d'une feuille sans fin est donc ainsi établie, et le feutre l'entraîne de là sous les presses qui doivent l'essorer.

Un petit nombre de fabriques emploie un autre système de forme ronde aspirant elle-même la pâte, à l'aide d'une danaïde intérieure. Cette forme est construite extérieurement comme les formes ordinaires, et, au lieu de reposer sur un arbre, ses plateaux s'appuient sur les œillards d'une danaïde qu'elle enveloppe complètement et qui reçoit son mouvement par un engrenage placé extérieurement. L'eau, puisée par la danaïde, passe à travers la toile métallique et s'écoule par les extrémités pour revenir autour de la forme, en mélange avec de la pâte provenant des cuviers. Le courant obtenu ainsi secoue moins la matière dans la cuve, et produit moins de bouillonnement et d'écume, surtout devant l'épurateur, qu'avec la danaïde extérieure. Aussi les fabricants qui emploient ce système, le préfèrent parce qu'ils peuvent mieux régler l'aspiration et produire des papiers minces sans trous comme cela arrive lorsqu'il y a trop d'écume à la surface liquide.

On trouve également, dans quelques machines, des formes extensibles, dont on peut augmenter ou diminuer un peu le diamètre, afin de faciliter la pose des toiles métalliques ; cette opération qui est toujours longue, est très délicate par rapport à la couture qu'il faut faire pour relier les deux bouts de chaque toile, et qui doit marquer le papier le moins possible. Les formes extensibles sont montées sur des croisillons intérieurs en plusieurs parties supportés par des tiges filetées permettant de les rapprocher ou de les écarter du centre. Ce système permet alors d'employer des toiles sans fin en forme de man-

chons, que l'on place facilement sur la forme, et que l'on tend ensuite en agrandissant celle-ci. Mais comme il faut toujours plusieurs toiles les unes sur les autres et qu'il est très difficile d'exécuter trois ou quatre manchons ayant un diamètre tel qu'ils puissent s'emboîter exactement, et que l'agrandissement de la forme les tende tous de la même quantité, on ne peut guère placer ainsi que la toile fine. En outre la rouille et les dépôts de pâte ne permettent plus, au bout de quelque temps de marche, de faire fonctionner le mécanisme intérieur.

Aussi tous ces inconvénients ont empêché que l'emploi de cette forme se généralise.

2° *Presses.* — Presque toutes les machines à papier comportent deux paires de presses; on trouve cependant encore dans le pays, d'anciennes machines qui n'en ont qu'une; mais elle ne peut suffire à égoutter convenablement le papier avant le séchage mécanique, et ces machines produisent toujours un papier mal séché et complètement *godé*.

Chaque paire de presses est composée de deux cylindres ou presses I en fonte, de $0^m,300$ à $0^m,350$ de diamètre et d'une longueur un peu moindre que celle de la forme; deux cages J supportent à chaque extrémité les tourillons des presses, et reposent elles-mêmes sur deux bâtis parallèles assez élevés pour que les feutres puissent circuler en dessous. Les tourillons de la presse supérieure sont emboîtés dans des coulisseaux mobiles permettant de soulever le cylindre, ou de donner une forte pression sur la feuille qui passe entre les deux presses. La feuille est amenée aux premières presses, appelées presses humides, par le feutre H qui l'a prise sur la forme, et qui, après l'avoir abandonnée au sortir des presses, est ramené vers la cuve par une série de rouleaux guides L en bois, pour enlever continuellement la couche de pâte qui se dépose sur la forme pendant son passage dans la matière. Avant de remonter à la cuve, ce feutre est abondamment arrosé par un tuyau transversal percé d'une série de petits trous laissant échapper des filets d'eau qui lavent et enlèvent toute la pâte qui peut être restée collée au feutre; quelquefois, à la suite de ce lavage, le feutre passe entre deux rouleaux presseurs en bois, qui achèvent le nettoyage.

Une fois qu'elle a subi une première pression, la feuille a assez de consistance pour qu'on puisse la décoller du cylindre supérieur, sur lequel elle tend à s'enrouler, et la conduire sur le feutre de la

deuxième paire de presses I'. L'égouttage de la feuille s'opère de la même façon que sous les premières presses, et elle passe ensuite dans la sécherie à l'aide d'un ou deux rouleaux en cuivre O, destinés à la soutenir dans l'intervalle; car on laisse généralement un passage entre ces deux parties de la machine pour faciliter la surveillance du côté opposé au conducteur.

Le décollage de la feuille sur les presses, et surtout à la presse humide, est souvent une cause de déchirure ou *casse*, principalement avec les papiers minces ; et, pour faciliter ce décollage, on place sur le cylindre supérieur une raclette en acier appelé *docteur*, qui s'applique parfaitement sur toute la longueur et contre laquelle la feuille vient s'arrêter et se détache forcément. Cependant ce décollage, qui se produit facilement en épaisseurs moyennes, ne s'obtient pas d'une manière régulière avec les minces, que l'on ne craint pas d'écraser en les comprimant davantage que les papiers forts, et qui, par suite, adhèrent beaucoup plus contre la fonte; ils se déchirent en outre facilement, en raison du peu d'épaisseur de pâte, et en se détachant de la presse les fibres de la surface s'éraillent contre le docteur et donnent toujours à ce côté de la feuille un aspect moins uni que de l'autre côté.

Aussi quelques fabricants, pour parer à cet inconvénient, placent devant le cylindre supérieur un petit rouleau en cuivre, ou en bois garni de feutre, sur lequel on ramène la feuille avant qu'elle arrive au docteur ; la traction produite par la marche la maintient suffisamment tendue. Le docteur ne sert alors qu'à nettoyer la presse en arrêtant les nœuds ou fibres qui sont restés collés sur la fonte.

On arrive encore à un meilleur résultat en munissant d'un feutre le cylindre de presse supérieur; ce feutre est guidé et soutenu par des rouleaux en bois, au-dessus de celui qui entraîne la feuille ; celle-ci qui passe ainsi sous les presses entre deux feutres peut être comprimée fortement, et se détache toujours bien, du moment qu'elle n'est plus en contact avec la fonte.

Les presses sont généralement mises en mouvement à l'aide d'un arbre N placé dans le prolongement du cylindre inférieur, et portant un manchon d'embrayage qui commande ce cylindre. Un mouvement de manœuvre par leviers ou à vis, permet au conducteur de la machine d'embrayer ou de désembrayer à volonté sans arrêter les autres parties

de la machine. L'arbre moteur reçoit son mouvement d'une transmission TT longeant la machine du côté opposé au conducteur.

La pression des cylindres est obtenue à l'aide de volants de manœuvre et de vis qui appuient sur les coulisseaux du cylindre supérieur, mais dans quelques machines les vis sont remplacées par des tiges sur lesquelles appuient des leviers à contrepoids. Ce mode de pression a l'avantage de prévenir les accidents qui se produisent lorsqu'un corps dur est entraîné sous les cylindres par le feutre ; la presse supérieure peut, dans ce cas, se soulever au lieu de briser quelque pièce ou d'être trop fortement rayée par le passage de ce corps.

Pour éviter également ces accidents et les trous que finissent par produire sur la fonte polie, les nœuds ou impuretés de la pâte, on emploie depuis quelque temps des presses garnies en caoutchouc. Le cylindre inférieur seul est recouvert d'une couche de 6 à 8 millimètres convenablement durcie et enveloppant une deuxième couche de même épaisseur, mais moins dure et destinée à donner à l'ensemble l'élasticité nécessaire pour céder sous les différences d'épaisseurs de pâte et les boutons. Ces garnitures en caoutchouc préservent aussi les feutres qui sont très rapidement coupés par les presses en fonte.

On a aussi essayé de garnir de caoutchouc le cylindre supérieur, pour faciliter le décollage de la feuille et empêcher, dans la fabrication des papiers de couleurs, que les cylindres soient rongés trop promptement par les acides employés pour la coloration de la pâte, mais cette disposition ne s'est pas répandue. On place dans ce cas, un docteur en bois sur la presse supérieure.

Les presses en fonte dure coulée en coquille, qui s'emploient déjà dans la fabrication du papier blanc, seraient également convenables pour le papier de paille ; elles donnent longtemps une pression plus régulière que les presses en fonte ordinaire, car la fonte trempée est moins flexible et s'use moins vite ; elle prend en outre, au tour, un plus beau poli.

Il est à remarquer que la pression à exercer sur la feuille, doit surtout être aussi régulière que possible en tous les points de la largeur ; car la feuille qui est inégalement essorée par suite de l'usure des presses ou d'un défaut de tour, est aussi plus rapidement séchée par les cylindres sécheurs aux endroits où elle est le moins humide, et elle subit un retrait inégal, une fois à l'air, dès qu'elle quitte la machine et que cesse la tension produite par l'entraînement sur les sécheurs. On

voit alors apparaître un plissage ou godage de la feuille, qui peut nuire à la bonne vente du papier.

Les différences d'épaisseur du dépôt de pâte sur la toile métallique de la forme, produites par un mauvais mélange dans la cuve ou une disposition défectueuse de celle-ci, peuvent aussi amener les mêmes inconvénients lorsque la feuille passe aux presses.

Cette partie de la machine à papier, qui forme pour ainsi dire l'âme de la fabrication, doit donc être établie avec les plus grands soins, si l'on veut éviter des retouches très coûteuses dans ces installations.

3° *Sécheurs.* — La sécherie est ordinairement séparée des presses par un intervalle de $0^m,400$ à $0^m,500$ permettant de passer facilement d'un côté à l'autre pour la surveillance de la machine et le graissage des transmissions. Elle se compose d'une succession de cylindres P en fonte, chauffés intérieurement par un courant de vapeur, sur lesquels s'enroulent des feutres H' H'' en laine ou en coton, chargés de faire circuler la feuille de papier de l'un à l'autre.

Quelques anciennes machines ont encore des sécheurs à feu direct, c'est-à-dire chauffés intérieurement au bois. Elles n'ont qu'une seule batterie composée de deux ou trois sécheurs avec un feutre unique recevant la feuille qui vient des presses et la conduisant autour des sécheurs jusqu'à sa sortie de la machine. Le chauffage se fait à l'aide d'un fourneau fixe en fonte, placé dans chaque cylindre, dont la grille occupe presque toute la longueur ; chaque extrémité est formée par un fond ; celui de devant forme gueulard, et l'autre porte une cheminée en tôle pour évacuer les gaz de la combustion. Par suite de ce mode de construction, le cylindre ne peut avoir de tourillons, et il tourne sur des galets.

Ce système de séchage est peu commode et exige une grande surveillance pour obtenir un chauffage régulier et éviter de brûler les feutres, cas qui se présente dès que l'on arrête la machine et que les sécheurs sont chauffés trop longtemps au même point sans que le feutre change de place.

Aussi ce système a été remplacé rapidement par le séchage à vapeur qui est plus économique, dès que l'on a eu l'idée de chauffer les sécheurs à l'aide d'un courant de vapeur.

La plupart des machines actuellement employées ont deux batteries sécheuses, chaque batterie comportant un feutre marchant sur trois ou quatre sécheurs. Ces sécheurs ont un diamètre variant de $0^m,700$ à $0^m,900$, et le feutre qui les enveloppe autant que possible dans sa marche, est conduit d'un sécheur à l'autre par des rouleaux en fonte évidée L'; en avançant sur la machine il entraîne la feuille avec lui et la quitte au sortir du dernier sécheur pour revenir en tête de la batterie en passant sous les sécheurs, soutenu par d'autres rouleaux en fonte qui servent à le guider et à lui donner la tension nécessaire. Quelquefois le même feutre sert pour tous les sécheurs.

Généralement les deux batteries sécheuses se suivent de façon à ne former qu'un ensemble unique, et, dans la plupart des machines construites depuis plus de quatre ou cinq ans, la deuxième batterie comporte un sécheur beaucoup plus grand en diamètre que les précédents. Ce sécheur est surélevé et repose sur un autre cylindre appelé comprimeur, d'un diamètre à peu près égal à celui des presses, et disposé au-dessus du dernier sécheur placé au niveau général. En employant cette disposition on avait pour but de comprimer et effacer les nœuds du côté de la feuille qui n'a pas porté sur la fonte jusque-là, en même temps que l'on augmentait la surface de chauffe de la machine à papier sans ajouter à sa longueur. Le diamètre de ce sécheur est plus grand que celui des autres, afin d'obtenir plus de pression sur la feuille, et il est muni d'un feutre qui lui est spécial et ne s'enroule pas sur le reste de la batterie.

Mais, depuis, on a reconnu que cette disposition, qui est très mal commode par rapport à la grande hauteur du sécheur, pouvait être facilement remplacée par l'emploi de plusieurs comprimeurs placés sur les derniers sécheurs de la machine, de façon à maintenir tout l'ensemble le plus bas possible et à portée de la main, et à rendre la conduite de la machine plus facile. On tend donc, depuis deux ou trois ans, à modifier dans ce sens les anciennes machines, tandis qu'on supprime complètement le gros sécheur en l'air dans les machines nouvellement construites, et que tous sont placés sur une même ligne. Seules les usines qui manquent de place en longueur sont astreintes à établir de gros sécheurs superposés aux autres.

Les batteries sécheuses établies d'une manière complète, sont en outre munies d'un sécheur spécialement destiné au feutre, sur lequel la feuille ne s'enroule pas; ce sécheur est placé à la fin de chaque

batterie, de sorte que le feutre est chauffé directement pendant son passage à nu sur la fonte, et qu'il a le temps de perdre par l'évaporation, une grande partie de son humidité pendant son retour sous les sécheurs. Pour activer cette évaporation qui contribue beaucoup au séchage du papier, on établit une fosse, dans les nouvelles installations, sous la machine à papier et sur toute sa longueur, de façon à faciliter la circulation de l'air et l'entraînement des vapeurs d'eau.

Tous les sécheurs et comprimeurs sont munis de docteurs râclant les déchets et nœuds qui restent collés à la surface de la fonte, et servant à éviter un enroulement répété de la feuille lorsqu'elle se déchire et que l'attention du conducteur est détournée.

La vapeur servant à chauffer les sécheurs arrive de la chaudière à un gros tuyau en fonte longeant le devant de la machine à papier, au niveau du sol, et portant autant de tubulures qu'il y a de sécheurs; en regard de ces tubulures, les tourillons de chaque sécheur, qui sont creux, reçoivent un robinet R disposé, à l'aide d'un presse-étoupes, de façon à ce que les sécheurs puissent tourner sans entraîner les robinets, et ces robinets sont reliés au tuyau en fonte par de petits tuyaux en cuivre, pénétrant également à presse-étoupes dans les tubulures, afin que la longueur de ces tuyaux n'ait pas d'influence sur la position des tourillons des sécheurs. Les robinets R permettent de régler l'introduction de vapeur dans chaque sécheur, et l'échappement de l'eau condensée se fait par l'autre tourillon à l'aide d'une disposition analogue, avec cette différence que la tubulure qui pénètre dans le tourillon porte un tuyau plongeur descendant vers la partie la plus basse du sécheur, de façon à ce que la pression intérieure de la vapeur tende toujours à faire échapper d'abord l'eau de la condensation; en outre, les robinets sont supprimés à la sortie. Quelquefois le tuyau plongeur, simplement cintré, est remplacé par un tuyau en spirale fixé directement contre le fond du sécheur et tournant avec lui; l'extrémité de ce tuyau est évasée en pavillon et ramasse l'eau à chaque tour, dans le bas du sécheur; mais cette forme de purgeur a l'inconvénient de laisser échapper inutilement une certaine quantité de vapeur pendant le reste du parcours, et ne peut être utile que lorsqu'on a une faible tension dans les sécheurs.

Le collecteur recevant les tuyaux d'échappement des sécheurs, conduit l'eau condensée dans une bâche placée généralement à proximité de la pompe d'alimentation de la chaudière. La pompe

alimente ainsi presque continuellement avec l'eau chaude, et n'a besoin de refouler que de temps en temps un peu d'eau froide débitée par un robinet flotteur, pour remplacer ce qui peut fuir par les joints des tuyaux et des presse-étoupes, lorsque la chaudière n'alimente pas d'autre appareil que la sécherie.

Dans quelques anciennes machines, l'introduction de vapeur et l'échappement se font par le même tourillon dans chaque sécheur, mais cette disposition, destinée à rassembler tout le tuyautage sur le devant de la machine, sous les yeux du conducteur, en réservant l'autre côté pour la transmission de mouvement, a l'inconvénient de compliquer la robinetterie et de rendre les réparations et l'entretien plus difficiles.

Lorsque la machine à papier est mise en mouvement par une machine à vapeur, on peut aussi utiliser la vapeur d'échappement du moteur, en l'envoyant dans les sécheurs. Ce système de chauffage procure une économie de charbon assez sensible, même en tenant compte de la quantité de vapeur supplémentaire qu'exige le moteur.

Immédiatement à la suite des sécheurs et sur le même bâti se trouve la bobine S, sur laquelle s'enroule la feuille de papier. Si le papier est coupé à la main, cette bobine est d'un grand diamètre et montée sur des croisillons extensibles, pour permettre de couper le papier au format voulu et de l'étendre plus facilement sur la table à couper; mais si l'on emploie une coupeuse mécanique, les bobines à enrouler sont de simples rouleaux creux en bois, ne dépassant pas $0^{m},150$ à $0^{m},200$ de diamètre, et pouvant se transporter facilement à la coupeuse une fois garnis de papier. La bobine reçoit son mouvement par un petit pignon calé sur son arbre et engrenant avec une roue placée sur le même arbre qu'une poulie de friction U, commandée par la transmission des sécheurs. Cette poulie est folle et peut être rendue plus ou moins solidaire avec la roue d'engrenage par la pression d'un écrou formant volant, dont le moyeu vient serrer sur des rondelles en cuir intercalées entre cet écrou et la poulie; les diamètres de la poulie et des engrenages sont réglés de façon à communiquer à la bobine un mouvement circonférenciel plus rapide que celui de la feuille de papier, afin que celle-ci soit toujours bien tendue; mais, pour éviter les déchirures qui se produiraient si la tension devenait trop forte, on serre le volant-écrou de façon à ce qu'un glissement se produise entre les ron-

delles de cuir et le moyeu de la poulie, dès que le rouleau est retenu par la traction de la feuille.

Transmission de la machine à papier. — Les sécheurs sont mis en mouvement par une série d'engrenage V calés sur leurs tourillons, à l'opposé du côté où se fait la surveillance de la machine, et se transmettant le mouvement par des pignons intermédiaires, dont l'un d'eux est actionné par un arbre venant de la transmission qui règne le long de la salle de la machine.

Il est essentiel que chaque batterie reçoive un mouvement indépendant de l'autre, afin de pouvoir modifier la vitesse relative des sécheurs, vitesse qui doit varier suivant l'épaisseur du papier fabriqué et le retrait qu'éprouve la feuille en séchant.

Dans les vieilles machines, le moteur, placé d'habitude en tête, du côté des cuviers mélangeurs, commande les arbres des presses à l'aide de poulies, et ces arbres transmettent à leur tour le mouvement, de la même façon, à l'arbre moteur de chaque batterie sécheuse. Dans ce système de transmission, on n'a pas d'autre moyen pour modifier les vitesses respectives de chaque partie de la machine, que de garnir les jantes des poulies avec des bandes de vieux feutres, de façon à augmenter ou diminuer le diamètre des poulies suivant la vitesse à obtenir.

Mais on a remplacé ces poulies, depuis quelques années, par des tambours légèrement coniques sur lesquels les courroies sont maintenues par des fourchettes-guides permettant de les conduire sur le diamètre qui correspond à la vitesse convenable.

On a, en même temps, modifié la disposition générale de la transmission dans les machines nouvelles, en plaçant un arbre de couche longitudinal TT à trois ou quatre mètres au-dessus du sol (planche 53), portant les tambours coniques X qui commandent chaque paire de presses et les batteries de sécheurs. De petits renvois, placés sur le sol, portent les tambours correspondant avec leurs guide-courroies, et transmettent le mouvement aux presses et aux sécheurs, par des engrenages coniques. De cette façon chaque partie de la machine est indépendante des autres, et elle peut être arrêtée ou sa vitesse modifiée, sans rien changer à la marche du reste.

Vitesse et dimensions des machines à papier. — L'arbre de couche

commandant la machine fait ordinairement de 60 à 80 tours par minute, et communique aux presses et aux sécheurs une vitesse circonférencielle qui doit être très variable, suivant l'épaisseur et la qualité du papier fabriqué. Les moyens de pression et de séchage dont dispose chaque usine font aussi varier considérablement la vitesse à laquelle on peut faire marcher la feuille de papier. Cette vitesse peut aller depuis 10 et 12 mètres jusqu'à 25 et 30 mètres par minute.

Les machines à papier qui comportent deux paires de presses de $0^m,300$ à $0^m,350$ de diamètre et au moins six sécheurs de $0^m,800$ de diamètre, ce qui correspond à une longueur de sécherie de 12 mètres, peuvent produire par minute 15 à 18 mètres de papier d'une épaisseur moyenne, et cette production peut être portée à 25 mètres en papier mince. Tandis que les petites machines composées de quatre ou cinq sécheurs de $0^m,700$, soit une sécherie de 8 à 9 mètres de longueur, doivent aller plus lentement, et ne donnent guère, par minute, que 10 à 12 mètres de papier convenablement fabriqué; si l'on veut augmenter leur production, la qualité du papier s'en ressent immédiatement, car, pour arriver à sécher plus rapidement le papier, il faut élever la température des sécheurs, en augmentant la dépense de vapeur ainsi que sa tension, et le retrait du papier, qui passe alors trop brusquement de l'état humide à l'état sec, n'a pas le temps de s'opérer uniformément; il se produit alors des *godes* qui lui donnent une vilaine apparence; les fibres deviennent cassantes et peuvent être même complètement brûlées dans de certaines parties, en même temps que le papier est noirci. Ce papier se reconnaît à la facilité avec laquelle il se déchire lorsqu'on le froisse. On ne doit donc pas dépasser une certaine vitesse pour opérer le séchage dans de bonnes conditions, et les indications précédentes permettent d'établir que l'on ne peut guère obtenir, par minute, plus de 1 mètre et demi à 2 mètres de papier par mètre utile de longueur développée de sécherie, en papier moyen pesant 80 grammes au mètre carré.

C'est cette considération qui a conduit depuis quelque temps, les constructeurs aussi bien que les fabricants de papier, à augmenter la longueur de sécherie dans les machines nouvellement établies, en renforçant le diamètre des sécheurs et leur nombre. Ainsi, dans les trois machines installées le plus récemment dans le Limousin, on trouve le nombre des sécheurs porté à huit, avec des diamètres de

$1^m,100$ à $1^m,200$; la largeur de table, ou longueur des presses et sécheurs, qui varie habituellement entre $1^m,300$ et $1^m,800$, est également augmentée et portée à $2^m,200$ et $2,^m400$. Le retrait du papier, pendant le séchage, qui est de $0^m,080$ à $0^m,100$ par mètre de largeur, suivant l'épaisseur du papier fabriqué, ainsi que l'état et la qualité des pailles employées, permet donc d'obtenir, sur ces machines, des feuilles de 2 mètres à $2^m,200$ de largeur. Aussi arrive-t-on, dans ces conditions, à réduire considérablement les frais de fabrication, relativement aux installations ordinaires, en produisant dans le même temps et avec le même personnel une quantité de papier presque double.

Par suite de la largeur de ces grandes machines, on est aussi obligé d'augmenter de $0^m,150$ à $0^m,200$ le diamètre des presses et des comprimeurs, pour éviter une flexion trop forte et conserver la régularité de pression sur toute la largeur de la feuille ; le diamètre des formes rondes est également porté à $1^m,500$ et 2 mètres, avec une longueur de $2^m,500$ à $2^m,600$.

La force requise par les machines à papier varie entre six et dix chevaux, suivant la largeur de la machine et le nombre de sécheurs.

Toutes ou presque toutes les machines à papier établies dans le Limousin sont construites sur le type décrit ci-dessus, avec plus ou moins de modifications dans les détails, qui ne changent pas, en somme, la disposition des appareils dans lesquels le papier est successivement pressé et séché ; et l'on ne trouve guère que dans la Corrèze, une usine récemment installée, employant un système de machine à grande largeur, construite sur un type fréquemment employé en Belgique et en Allemagne, qui diffère complètement du modèle ordinaire par sa structure et son mode d'action.

Elle se compose d'une table de fabrication, semblable à celles des machines à papier blanc, qui est immédiatement suivie de deux cylindres de presse de $0^m,400$ de diamètre, s'appuyant contre un comprimeur de $0^m,600$, de chaque côté et un peu en dessous de son axe horizontal. Sur ce comprimeur repose un sécheur de $2^m,500$ de diamètre qui suffit à lui seul pour le séchage du papier, la machine n'étant employée que pour la fabrication du papier mince.

En quittant la table de fabrication, la feuille est entraînée par la toile métallique, entre la première presse et le comprimeur et s'enroule sur un feutre qui enveloppe ce comprimeur et le conduit entre celui-ci

et la deuxième presse, puis sous le gros sécheur contre lequel elle se colle. Elle suit alors ce sécheur pendant les trois quarts de sa circonférence, sans le secours d'aucun feutre, et le quitte à l'opposé de la table de fabrication pour s'enrouler sur les dévidoirs.

La compression que la feuille subit sous ce sécheur, est suffisante pour lui donner un satinage parfait du côté qui est en contact avec la fonte ; le côté opposé reste cependant rugueux et reproduit d'autant mieux les nœuds de la paille, que le satinage est meilleur sur l'autre face. Cependant les nœuds et imperfections de la pâte sont considérablement réduits par l'emploi du raffineur de Thode que possède cette fabrique.

Il est à remarquer que l'emploi de ce système de séchage avec un cylindre unique, qui peut être satisfaisant pour la fabrication des papiers minces, surtout en faisant usage d'une table de fabrication qui essore la pâte bien mieux que la forme ronde, serait complètement insuffisant pour les papiers épais. La tension de la vapeur dans le grand sécheur, n'a pas besoin d'être bien élevée, une feuille mince ayant le temps de perdre son eau par l'évaporation pendant qu'elle parcourt tout le développement de ce sécheur, même à la marche de 30 mètres par minute. Malgré cela cette machine dépense proportionnellement plus de vapeur que les machines ordinaires, car sa simplicité même de construction nuit à l'emploi économique de la vapeur; on ne peut pas songer dans ce système à modifier la température sur les divers points du sécheur, suivant l'état d'humidité du papier, pendant le parcours de la feuille; tandis que dans les machines à plusieurs sécheurs on peut introduire moins de vapeur dans ceux qui reçoivent la feuille complètement humide, que dans ceux où le séchage s'achève, de façon à proportionner ainsi la température des sécheurs à celle du papier et à effectuer d'une manière plus rationnelle le séchage de la feuille.

Aussi constate-t-on que, dans cette machine, la dépense de vapeur est presque 1/3 plus forte que dans le système ordinaire convenablement installé.

X. **Coupeuse à papier**. — Les fabricants ont coupé pendant longtemps le papier, en rognant sur une table à couper les rouleaux obtenus à la machine à papier, et tranchés d'abord sur les dévidoirs.

Cette table employée encore en beaucoup d'endroits est munie de rainures servant à guider un couteau à main fonctionnant comme une scie à poignée, et avec lequel on rogne le papier par piles de 8 à 10 centimètres, pour le mettre au format voulu. Ce système de coupage est très imparfait, il donne difficilement des coupes d'équerre s'il n'est pas fait avec soin et prend beaucoup de temps. Aussi il est remplacé avantageusement par les coupeuses mécaniques et surtout par la machine inventée par M. Verny, fabricant de papiers à Aubenas, qui est presque uniquement adoptée dans les fabriques du pays, et que la figure 4 représente telle qu'elle a été perfectionnée par M. Debié, ingénieur à Paris.

Cette machine comporte en arrière un porte-bobines A formé de deux bâtis portant de petits supports sur lesquels se placent les bobines au fur et à mesure qu'elles sont retirées de la machine à papier ; on peut ainsi en disposer huit à dix dont les feuilles sont entraînées par la coupeuse pour être rognées toutes en même temps.

La coupeuse proprement dite est composée de deux bâtis B à peu près au même écartement que ceux de la machine à papier, et portant, du côté du porte-bobines, deux arbres transversaux C munis de couteaux circulaires entraînés à 150 ou 200 tours par minute, suivant leur diamètre. Les couteaux commencent à découper les feuilles que l'on fait passer entre eux, en bandes de la largeur voulue, et ces bandes tombent à la sortie des couteaux, sur un feutre sans fin I entraîné par une forte traverse en fonte guidée à chaque extrémité par deux glissières formées par les bâtis. La traverse est mise en mouvement par deux bielles D articulées en dehors des bâtis et attelées aux roues manivelles M, calées sur un arbre transversal. En outre ces bielles servent, en se relevant pendant la course arrière ramenant la traverse vers les couteaux circulaires, à soulever une deuxième traverse E formant presse au-dessus de la première, de façon à faire cesser cette pression et à laisser en place, pendant le retour, le feutre et les feuilles qui ont été entraînés pendant la course avant.

Le papier est ainsi poussé par intermittences entre deux autres traverses F dont l'une est fixe et porte une contre-lame, tandis que l'autre, placée au-dessus, se soulève à chaque avancement des feuilles et retombe, pour faire pression, dès qu'elles s'arrêtent ; à ce moment une lame transversale inclinée vient couper le papier en frottant devant la contre-lame, et le met à la longueur convenable. Cette lame, attachée à

une traverse portée par deux ou trois leviers à contrepoids, est mise

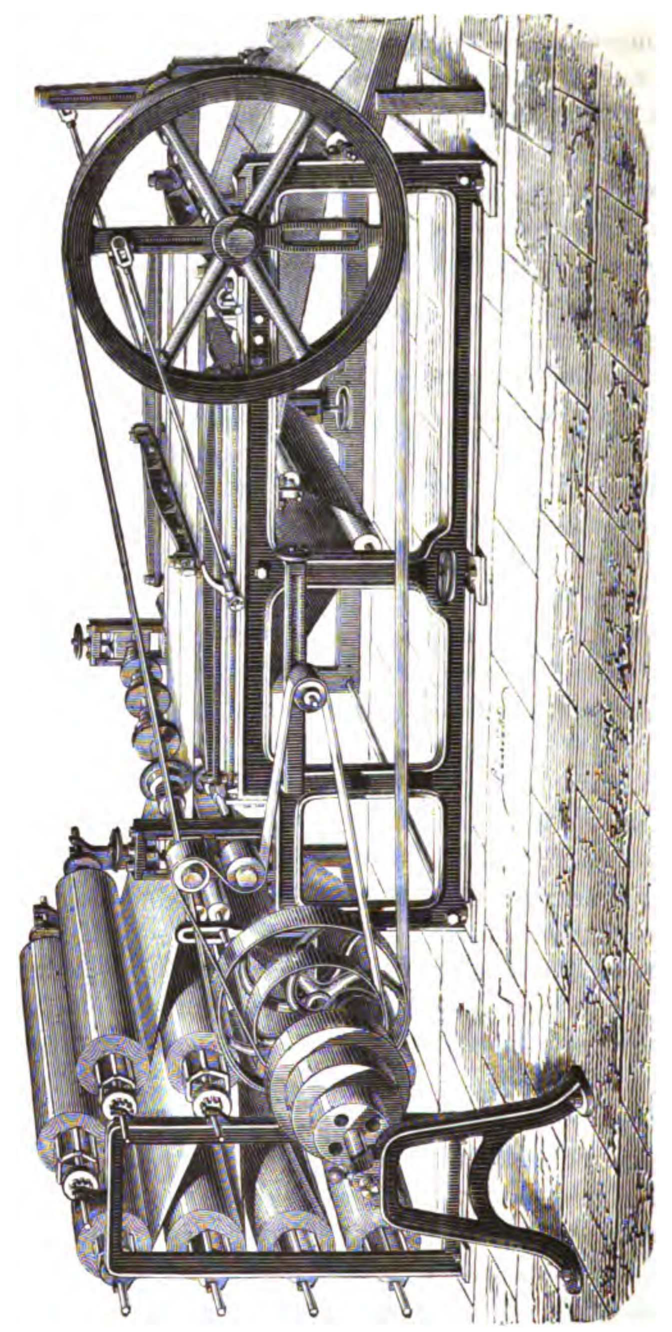


Fig. 4.

en mouvement par deux cames calées sur l'arbre des manivelles

actionnant les traverses d'avancement du papier ; de sorte qu'à chaque tour et chaque va-et-vient de ces traverses, correspondent une levée et une descente du couteau transversal coupant une longueur de papier.

Les tourillons des manivelles sont mobiles sur les plateaux et peuvent, au moyen de vis, s'éloigner ou se rapprocher à volonté du centre, pour modifier la course des traverses d'avancement du papier et régler ainsi la longueur que l'on veut couper. Enfin, l'une des roues manivelles reçoit son mouvement par une courroie venant de l'arbre qui commande également les couteaux circulaires ; ou bien sa circonférence peut être dentée et engrener avec un pignon qui lui transmet le mouvement.

Quant au feutre I qui amène le papier entre les deux traverses d'avancement, il passe en dessous de la lame transversale pour recevoir, sur le devant de la machine, les feuilles coupées de longueur et les conduire sur une table où elle sont empilées par des enfants. Ce feutre est ramené ensuite, par des rouleaux en bois, vers l'arrière de la coupeuse, pour reprendre les bandes de papier à la sortie des couteaux circulaires.

On peut faire faire 10 à 15 coupes par minute au couteau transversal, et passer jusqu'à 10 rouleaux à la fois, en épaisseur moyenne ; ce qui permet d'obtenir environ 350 à 400 feuilles par minute avec ces coupeuses, si la largeur de la machine à papier ou le format à fabriquer permettent de faire 3 coupes en long.

Lorsque le papier est destiné à être vendu en rouleau, et ne passe pas à la coupeuse, il est enroulé à la main sur un petit axe en fer au fur et à mesure qu'il quitte le dernier sécheur ; et, dans ce cas, pour ébarber les bords et obtenir des rouleaux bien nets, beaucoup de fabricants installent sur la machine à papier, immédiatement après le sécheur, un jeu de couteaux circulaires semblables à ceux que l'on place sur la coupeuse, et entre lesquels passe la feuille avant de s'enrouler.

Depuis quelque temps on a également cherché à compléter les coupeuses à papier, en ajoutant à la sortie des feuilles une table mobile sur laquelle un mécanisme les empile automatiquement ; de la sorte un seul enfant suffit à la surveillance des coupeuses les plus larges, et n'a qu'à débarrasser la table dès que les piles de papier sont assez hautes.

Quelques usines fabriquant des qualités un peu supérieures qui

demandent à être coupées à un format très régulier, et ce, beaucoup plus proprement que ne peut le faire le système de coupeuse décrit plus haut, sont aussi obligées d'employer les coupeuses à guillotine du système Massicault, semblables à celles dont se servent les relieurs.

XI. **Triage et pliage**. — Une fois coupé, le papier est transporté à la salle d'apprêt, où il est trié par des femmes qui rejettent les feuilles défectueuses ou qui sont déchirées, et mettent le reste en rames pliées par 400 ou 500 feuilles suivant le format et la demande.

Ces rames sont ensuite empilées et pressées sous des presses à vis, à engrenages ou à percussion pour en faire les ballots à expédier.

Dans quelques fabriques on trouve dans la salle d'apprêt de petits cylindres ou laminoirs servant à satiner le papier, suivant sa destination, avant d'opérer le pliage et l'emballage. Ces laminoirs remplacent la calandre à papier blanc ; mais ils ne peuvent produire autant, car le laminage ne se fait que feuille par feuille, entre deux plaques de zinc, comme il se pratique encore en quelques endroits pour le papier blanc.

XII. **Chaudières**. — Les chaudières employées dans les fabriques du pays, pour produire la vapeur nécessaire au séchage du papier, sont établies suivant les systèmes les plus divers ; et beaucoup de fabricants, ayant eu surtout en vue de réduire le plus possible les frais d'installation, sans se rendre bien compte des avantages que peuvent présenter certains systèmes de générateurs relativement aux autres, au point de vue de l'économie de combustible, ont trouvé des différences notables dans la proportion de charbon consommé par chaque usine relativement à leur production en papier.

Il est reconnu que l'on brûle généralement 60 à 70 kilogrammes de charbon par 100 kilog. de papier fabriqué ; mais quelques industriels consomment jusqu'à 100 kilog. de charbon et au delà, par suite de la mauvaise disposition de leurs sécheurs, du mauvais état des presses et surtout de l'emploi de chaudières défectueuses, tandis que d'autres fabriques, munies de bonnes machines à papier et de grandes chaudières avec bouilleurs, à retour de flammes, donnant une vaporisation lente et une utilisation aussi complète que possible du

calorique, arrivent à réduire à 40 kilog. la consommation de charbon par 100 kilog. de papier.

On comprend, d'ailleurs, que cette proportion dépend en outre beaucoup de la qualité du charbon employé ainsi que de l'épaisseur du papier fabriqué et de la bonne disposition des tuyautages de vapeur.

Dans les fabriques nouvellement installées on a soin d'envelopper de feutre ou de liège, les tuyaux de conduite de vapeur, et de garnir les fonds des sécheurs, ainsi que toutes les surfaces susceptibles de rayonner inutilement la chaleur, avec du bois ou quelqu'autre matière isolante ; l'économie de combustible que l'on obtient ainsi est très sensible.

D'après la consommation moyenne de 65 kilog. de charbon, on peut se rendre compte de la puissance nécessaire aux chaudières desservant les machines à papier. La pression ne dépasse pas 3 à 4 atmosphères et, dans ces conditions, on peut admettre que 1 kilog. de houille vaporise 8 kilog. d'eau ; on vaporisera donc 520 litres d'eau avec 65 kilog. de charbon à l'heure, et comme il faut un mètre carré de surface de chauffe pour vaporiser environ 20 litres d'eau à l'heure, la surface de chauffe totale pour 520 litres sera de $\frac{520}{20} = 26$ mètres carrés pour une fabrication de 100 kilog. de papier à l'heure.

XIII. **Moteurs.** — Toutes les fabriques du Limousin, ainsi que celles des autres contrées, sont placées sur des cours d'eau dont elles utilisent la force motrice, soit à l'aide de turbines, soit à l'aide de roues hydrauliques ; et, à part de rares exceptions, l'emploi de la machine à vapeur est écarté par économie. Cependant les usines qui se trouvent sur les petits cours d'eau à hautes chutes, sujets à de fortes et fréquentes variations de débit ainsi qu'à manquer d'eau en été, sont en général munies de machines à vapeur servant, en temps de sécheresse, à mettre en mouvement la machine à papier et au besoin les piles.

Une condition avantageuse à observer dans l'installation des moteurs et qui est adoptée dans la plupart des fabriques, consiste à diviser la force sur plusieurs moteurs mettant en mouvement les meules, les piles et la machine à papier séparément, par rapport à la facilité avec laquelle on peut alors arrêter l'un des appareils sans modi-

fier la vitesse des autres. La machine à papier, surtout, exige l'emploi d'un moteur destiné uniquement à la mettre en mouvement afin d'éviter les variations de vitesse qu'elle peut éprouver si son moteur commande un autre appareil que l'on vient à arrêter ou mettre en marche pendant que la machine travaille ; ces variations sont très nuisibles à la bonne fabrication et produisent des différences d'épaisseur dans la feuille qui se traduisent immédiatement par des cassés et déchets considérables. Aussi, dans quelques récentes installations, on emploie une machine à vapeur pour mettre en mouvement la machine à papier, quelle que soit la saison.

XIV. **Pompes.** — Les anciennes pompes à piston employées pour l'alimentation des premières fabriques, tendent en général à être remplacées par les pompes rotatives, qui, quoique d'un rendement moins élevé, sont d'une installation plus simple, moins coûteuse et d'un entretien bien moins dispendieux ; parmi ces pompes rotatives la pompe Greindl représentée figure 5 donne cependant un rendement assez élevé pour qu'on puisse la comparer aux pompes à piston, sans qu'elle en ait les inconvénients ; aussi son usage est-il préféré dans les papeteries qui sont limitées par la force motrice.

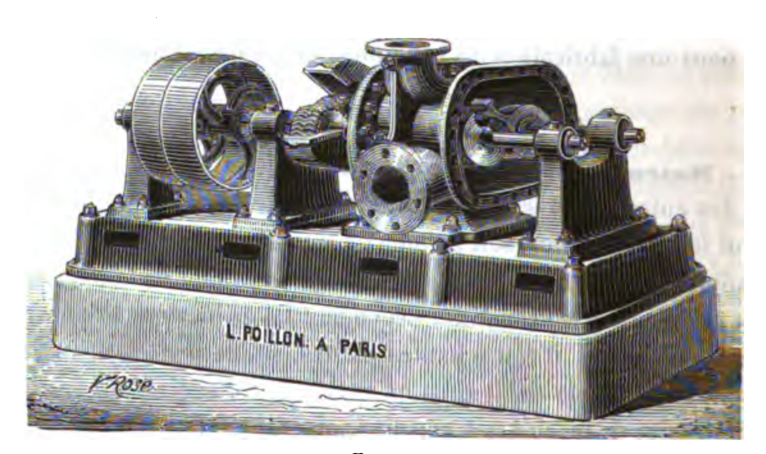


Fig. 5.

La quantité d'eau que doit fournir la pompe pour les besoins des fosses à macérer et des piles, ainsi que de la machine à papier, est proportionnelle à la production de l'usine et peut être évaluée à environ 30 ou 35 mètres cubes à l'heure, pour une production de 100 kilog. de

papier dans le même temps. L'eau est refoulée dans des bassins en tôle placés d'habitude dans la charpente, pour s'écouler de là par des tuyaux en fonte, sur des divers points de la fabrique.

XV. **Charpente des salles de machines à papier.** — Les bâtiments renfermant les machines à papier, ont en général, dans le pays, des couvertures mal disposées pour obtenir une bonne aération entraînant les buées de vapeur produites par le séchage du papier, et éviter que les gouttes d'eau qui se condensent sur la charpente tombent sur le papier et le percent s'il est encore humide. On obvie à ce dernier inconvénient en disposant au-dessus de la machine à papier, de vieux feutres attachés à la charpente et placés en pente. L'eau produite par la condensation des buées est alors conduite en dehors de la surface occupée par la machine ; mais on n'évite pas ainsi que ces buées emplissent entièrement la salle, surtout en hiver, ou elles déterminent une obscurité presque complète qui gêne beaucoup la surveillance.

Quelques papeteries mieux installées ont adopté la toiture à lanterne qui facilite assez la ventilation des salles de machines à papier ; mais le courant ne s'établit encore pas aussi bien qu'avec une autre disposition, que l'on trouve appliquée dans une ou deux fabriques. Ce dernier système consiste à établir sur une charpente en fer, une couverture en tôles ondulées se recouvrant avec un jeu de $0^m,100$ à $0^m,50$ et permettant la libre circulation de l'air extérieur sur une plus grande surface de la salle.

XVI. **Bases d'installation d'une fabrique.** — D'après les données consignées dans cette étude et recueillies dans un assez grand nombre de bonnes fabriques pour qu'il soit possible de les considérer comme des moyennes suffisamment exactes, on peut calculer les frais d'établissement d'une usine produisant, d'après le procédé Limousin, 100 kilogrammes de papier paille à l'heure, ou 2,400 kilogrammes par jour, en supposant que l'on dispose d'une chute d'eau de $1^m,500$ débitant un volume d'eau capable de produire la force nécessaire à cette fabrication :

Le coupage et la préparation de la paille comprennent :

(*a*) 1 hache-paille coupant 800 kilog. à l'heure, y compris sa transmission. . . . . 1 250 fr.

Broyage et raffinage.

(*b*) 6 paires de meules, produisant chacune 25 à 30 kilog. à l'heure (dont 2 de rechange). . . . . 8 000 »

3 piles raffineuses produisant chacune 50 kilog. à l'heure (dont 1 de rechange) avec transmissions. 9 600 »

Fabrication et coupage.

(*c*) 1 machine à papier, pouvant fabriquer une feuille de 1^m,500 de largeur pesant 80 gr. au mètre carré en épaisseur moyenne; avec ses cuviers mélangeurs et sa transmission. . . . . 30 000 fr.

1 coupeuse en long et en travers avec sa transmission. . . . . 3 500 »

4 presses à percussion pour serrer le papier et faire les balles . . . . 2 600 »

Moteurs et accessoires.

(*d*) 1 turbine de 35 chevaux, mettant en mouvement les meules et le hache-paille. . . . . 5 800 »

1 turbine de 25 chevaux, mettant en mouvement les piles et la pompe d'alimentation. . . . . 4 500 »

1 turbine de 10 chevaux, mettant en mouvement la machine à papier et la coupeuse. . . . . 2 700 »

1 chaudière à vapeur de 30 mètres carrés de surface de chauffe avec sa pompe d'alimentation (y compris le tuyautage). . . . . 7 500 »

1 pompe d'alimentation de l'usine, de 800 à 1,000 litres par minute, avec réservoir en tôle et conduites d'eau aux fosses à macérer et aux machines. 2 600 »

Total. . . . . 78 050 fr.

Si l'on ajoute à ce total la valeur des bâtiments nécessaires, et comprenant :

1° Une salle pour les fosses à macérer et les meules, avec magasin de paille à l'étage supérieur.

2° Une salle contenant les piles et la machine à papier avec sa coupeuse.

3° Une salle d'apprêt pour le triage, le pliage, et l'emballage du papier.

évalués à environ.	70 000 »
on arrive à un total de.	148 050 fr.

soit en nombre rond 150,000 fr. pour la valeur d'une fabrique pouvant produire 2,400 kilog., par 24 heures, de papier d'épaisseur moyenne.

Dans la valeur indiquée plus haut pour les bâtiments, on peut admettre que se trouvent compris les travaux hydrauliques pour l'établissement des turbines, les fosses à macérer, ainsi que les maçonneries et la cheminée du générateur ; mais on comprend facilement que ces prix peuvent varier dans de notables proportions suivant l'emplacement et les dispositions adoptées.

Prix de revient du papier.

La paille rendant 75 pour 100 de son poids en moyenne, il faut environ 133 kilog. de paille pour obtenir 100 kilog. de papier, et l'on peut se baser sur un prix de 4 fr. 50 les 100 kilog. de paille ; soit 133 kilogr. × 4,50 = ...	6 »
On emploie également pour la macération, environ 25 kilog. de chaux par 100 kilog. de papier, et la chaux revient en moyenne à 3 fr. les 100 kilog. soit 25 kilog. × 3 = ...	0 75
Le séchage exigeant environ 60 kilog. de charbon par 100 kilog. de papier, et le charbon revenant en moyenne à 3 fr. les 100 kilog. suivant la position des usines, il faut ajouter 60 kilog. × 3 =.	1 80
Total.	8 55

La main-d'œuvre s'élève généralement à 2 fr. 50 et 3 fr. par 100 kilog. de papier = ...	3 »
Total.	11 55
Et les frais généraux à 25 pour 100 soit 11 fr. 55 $\times$ 0,25 = ...	2 90
C'est-à-dire un total de frais de fabrication s'élevant à :	14 45

En ajoutant pour frais d'amortissement 1/20e du capital engagé, s'élevant pour une fabrication de 2,400 kilog. par jour, ou 720,000 kilog. par an, à 150,000 fr.

soit par 100 kilog. $\frac{150,000}{7200 \times 20} =$	1 05
et l'intérêt du capital à 5 pour 100 $\frac{7,500}{7,200} =$	1 05
on obtient un prix de revient de	16 55

Ce prix de revient représente en effet, à peu près, le plus bas cours auquel soient descendus les papiers de paille, lors de la baisse de 1880 ; actuellement les cours varient de 20 à 25 fr. les 100 kilog. suivant la force du papier.

LA QUESTION DU FEU

DANS LES THÉÂTRES

Par M. D. V. PICCOLI.

I

Est ce que la question du feu dans les théâtres est réellement d'une grande importance ? Voilà ce que je me suis demandé lorsque j'ai eu l'idée d'étudier la question, qui forme le sujet de ce mémoire.

Si je devais en juger par l'intérêt, qu'elle a soulevé non seulement dans le public en général, mais aussi parmi les hommes techniques, je serais tenté à ne pas la croire digne de l'attention de mes honorables collègues.

Je pense pourtant que si les dangers, auxquels le public est exposé dans les théâtres, ne nous alarment pas beaucoup, cela ne signifie aucunement qu'ils ne soient très graves ; ce qui cause cette insouciance, c'est que ce sont des dangers de chaque jour, avec lesquels nous nous sommes familiarisés de façon à ne nous apercevoir même pas de leur existence.

Il est dans la nature humaine de ne point se soucier des dangers. auxquels nous sommes continuellement en butte ; le public, qui se trouve rassemblé dans une salle de théâtre, ne pense pas à la probabilité d'être assujetti à une crémation involontaire, de même que le matelot ne se soucie pas de celle d'être enseveli au fond de la mer, et le mineur oublie qu'une explosion peut à chaque instant faire de lui un hideux cadavre.

Cette tendance de notre nature est en même temps utile et funeste ; elle est utile lorsqu'elle nous fait oublier les dangers, auxquels nous ne pouvons nous soustraire, et qui troubleraient notre existence, s'ils étaient toujours présents à notre esprit ; elle est funeste lorsqu'elle nous fait négliger les dangers, qui pourraient être éloignés de nous, et qui, au contraire, continuent à menacer notre vie.

Les dangers, auxquels nous sommes exposés dans les théâtres, sont de ceux, qui pourraient être complètement éliminés. C'est en vue de leur gravité, et convaincu qu'il serait possible de les supprimer que je me suis décidé à m'occuper d'un sujet qui est, à mon avis, très important.

C'est une vieille histoire que celle des incendies dans les théâtres! Si quelqu'un avait la patience de l'écrire, après avoir rassemblé tout ce qui se rapporte aux événements, qui devraient la composer, il en résulterait une histoire, qui ne serait pas faite certainement pour égayer les lecteurs, mais qui aurait du moins le mérite d'inspirer un peu de prudence aux gens insouciants.

Il faudrait diviser cette histoire en deux périodes bien distinctes; la première devrait être dédiée aux théâtres anciens et la seconde aux modernes. L'histoire de la première période contiendrait certainement de terribles désastres, mais elle devrait rendre justice à la sagacité de nos ancêtres, car elle devrait reconnaître que les anciens architectes, instruits par la triste expérience du malheur, étaient parvenus à construire des théâtres, dans lesquels une quantité innombrable de spectateurs pouvait assister sans dangers aux représentations, et desquels une foule immense pouvait sortir avec une incroyable facilité. L'histoire de la seconde période ne serait pas aussi flatteuse pour les architectes modernes. Le théâtre moderne a commencé vers la fin du moyen âge; sa disposition n'a pas été le résultat des études de quelque ingénieur, mais la raison de sa forme doit être cherchée dans sa même origine. Les représentations de la Passion dans les monastères ont conduit aux spectacles modernes, et la salle de nos théâtres n'est autre chose que la cour d'un couvent, sur laquelle un toit a été placé, et dont les fenêtres ont été transformées en loges. La disposition du théâtre moderne est restée presque la même depuis son origine jusqu'à nos jours. Les probabilités d'un incendie sont devenues constamment plus nombreuses, mais on n'a pas songé aux moyens de s'opposer à ses terribles conséquences. L'histoire des théâtres devrait donc nous dire que les architectes modernes n'ont, en général, tenu le moindre compte d'une expérience, qui a coûté tant de victimes, et que sur les débris fumants d'un théâtre ils en ont bâti un autre aussi défectueux que son prédécesseur, et destiné, lui aussi, à devenir la proie des flammes.

Que la comparaison entre les théâtres anciens et les nôtres est

humiliante pour nous, pour la civilisation moderne! Des théâtres anciens quelques-uns existent encore, monuments majestueux d'une civilisation, dont les œuvres ont résisté à l'action destructive de tant de siècles, dont les rayons lumineux ont traversé les ténèbres du moyen âge pour arriver jusqu'à nous. Nos théâtres ont, au contraire, une existence moyenne de vingt-deux ans trois quarts!! Ils ont une vie excessivement courte, et meurent tous de la même maladie, c'est-à-dire incendiés.

Depuis l'année 1761 jusqu'à l'année 1880, 526 théâtres ont été anéantis par les flammes. Dans le nombre des théâtres incendiés on peut observer une augmentation progressive, de sorte que, depuis l'année 1871 jusqu'à l'année 1880, le nombre des incendies a été de 190, tandis que depuis l'année 1761 jusqu'à l'année 1771 on n'avait eu à déplorer que 8 incendies.

Le nombre des victimes depuis l'année 1772 jusqu'à nos jours a été de 6,548. On a naturellement à remarquer dans le nombre des victimes la même augmentation progressive que dans le nombre des théâtres incendiés. Depuis 1871 jusqu'à 1881, 2,420 personnes ont trouvé la mort dans ce genre d'accidents; on a donc eu dans ces onze années une moyenne de 220 victimes par an.

Les pertes matérielles ont été naturellement très considérables. M. Fölsch, qui a profondément étudié la question, est d'avis que la valeur perdue dans les incendies de théâtres pendant les cent dernières années a été de plus de 600 millions de francs.

La statistique pour l'année 1882 est tout ce qu'il y a de plus alarmant. Si l'on considère que le nombre des théâtres complètement détruits a été de 37, l'on peut prévoir que, si des mesures radicales ne sont prises, à la fin de l'année 1890 on aura à déplorer pour les dix années courantes de quatre à cinq cents incendies de théâtres.

Les chiffres, que je viens de citer, sont assez éloquents par eux-mêmes, pour qu'il soit nécessaire de les commenter. Les victimes des incendies devraient être un lourd remords pour la conscience des architectes; ceux-ci ont le devoir de songer sérieusement à épargner un si grand nombre de vies humaines, sacrifiées à leur imprévoyance, Ne serait-il pas temps que l'on prît enfin des mesures radicales, qui éloignassent tout danger pour l'existence des spectateurs?

C'est sur ces mesures que je vais exposer mes idées; pour avancer avec ordre, je distinguerai trois différents genres de précautions; je

parlerai d'abord de celles, qui ont pour but d'éviter les commencements d'incendie, ensuite de celles qui sont destinées à empêcher la propagation du feu et enfin je m'occuperai des mesures moyennant lesquelles les spectateurs puissent sortir du théâtre d'une manière facile et rapide.

II

Je parlerai donc avant tout des précautions qui ont pour but d'empêcher tout commencement d'incendie.

Un incendie peut avoir son origine soit à l'extérieur, soit à l'intérieur du théâtre.

Il arrive assez souvent qu'un incendie qui se déclare hors du théâtre se propage à son intérieur. Il est, du reste, facile à imaginer une disposition qui mette le théâtre à l'abri de ce danger. Il suffit, pour cela, qu'il soit complètement isolé, qu'il soit éloigné le plus possible des bâtiments environnants, et que les habitations, les cafés, les restaurants et les magasins soient absolument éliminés du bâtiment qui contient le théâtre. Cette mesure, qui d'ailleurs se présente d'elle-même à l'esprit de tous ceux qui étudient la question, est vivement recommandée par la commission que la Société des Ingénieurs et des Architectes autrichiens a nommée après la terrible catastrophe du *Ring Theater*, et dont l'important rapport a été publié dans le *Bulletin* de cette société [1],

Bien plus fréquents sont les incendies qui ont leur origine dans le théâtre lui-même, et le remède contre ce genre d'incendie est beaucoup plus difficile à trouver que dans les cas précédents.

Ces incendies commencent, en général, sur la scène, où une immense quantité de matériaux inflammables sont amoncelés à proximité d'un très grand nombre de becs de gaz, qui semblent n'avoir d'autre but que celui de dévorer la proie qui est à leur portée. Bref, dans les théâtres actuels il y a une énorme quantité de combustible et d'innombrables sources de chaleur, prêtes à y mettre feu. Pour empêcher les incendies, il est donc nécessaire d'éliminer, autant que possible, le combustible et de rendre inoffensives les sources de chaleur.

1. *Wochenschrift des Osterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines* (*VII Jahrgang*, N° 4).

Il est bien facile à dire : *éliminez le combustible ;* mais il n'est pas aussi facile de se tenir à cette règle dans la construction d'un théâtre, et particulièrement pendant son exploitation.

Il faut distinguer les matériaux combustibles fixes des matériaux combustibles mobiles.

Pour ce qui regarde les premiers, il est certain que l'ingénieur pourrait complètement les supprimer dans la construction des théâtres, qui peuvent être presque entièrement bâtis en pierres, briques et métaux.

Dans toutes les constructions civiles on a remplacé le bois par le fer, en vue des qualités qui rendent le second supérieur au premier comme matériel de construction. Ce n'est que dans les théâtres que cette substitution n'a pas encore eu lieu, tandis que c'est là précisément, plutôt qu'ailleurs, que l'on devrait avoir recours au fer, qui est un matériel incombustible.

Dans les théâtres qui ont été récemment bâtis, quelques parties sont en fer comme, par exemple, la charpente de la salle et de la scène ; mais pourquoi n'a-t-on pas aussi employé le fer pour d'autres parties qui, en hommage aux vieilles habitudes, se font encore en bois, comme le plancher et le plafond de la salle, la carcasse des loges, le proscenium, le plancher de la scène, etc., etc. ? Pourquoi ne ferait-on pas avec des matériaux incombustibles toutes les décorations fixes, qui sont généralement en bois ?

Tout cela est possible à faire, et devrait par conséquent être fait.

Pour ce qui concerne les matériaux combustibles mobiles, leur suppression présente une plus grande difficulté. En effet, peut-on faire avec des matériaux incombustibles tout ce qui se trouve sur la scène de nos théâtres ?

M. Montezemolo, qui a écrit sur ce sujets deux importants articles publiés dans le *Giornale dei Lavori Pubblici e delle Strade Ferrate* [1], pense que cela est aussi possible, et conseille de substituer à tous les objets mobiles de la scène actuellement en bois des objets en fer, et aux toiles décoratives actuelles, des toiles métalliques montées sur des chassis en fer.

La Commission viennoise, dont j'ai déjà parlé, n'est pas entièrement de l'avis de M. l'ingénieur Montezemolo ; elle recommande vivement la suppression des matières combustibles jusqu'au point où cette suppres-

1. *Giornale dei Lavori pubblici e delle Strade Ferrate* (*Anno IX, N° 19 e 48*).

sion peut être conciliée avec les exigences des spectacles modernes ; la même commission conseille, en outre de réduire au minimum, par des procédés spéciaux, l'inflammabilité du bois, que l'on ne peut se passer d'employer, aussi bien que celle des toiles et de toutes les décorations. Elle recommande enfin de n'avoir sur la scène que les objets strictement nécessaires à la représentation du jour, et de reléguer hors de l'enceinte du théâtre les magasins de décors, d'étoffes et de tous les accessoires, les salles des peintres et tous les autres ateliers.

M. Chenevier, qui a publié en France une brochure sur le sujet qui nous occupe [1], est d'avis qu'il faut rendre incombustibles tous les objets qui ne sont pas d'eux-mêmes incombustibles, c'est-à-dire qu'il faut recouvrir le bois de couches d'enduits ininflammables et protéger les toiles par des solutions chimiques spéciales.

Dans l'ordonnance relative aux théâtres, rendue à Paris le 16 mai 1881 par le préfet de police, il y a à ce propos des prescriptions qui coïncident avec les propositions de la commission viennoise. Suivant cette ordonnance, toutes les décorations doivent être rendues ininflammables au moyen d'une préparation spéciale, et doivent être essayées en la présence de la commission des théâtres; tous les magasins et ateliers doivent, en outre, être placés hors de l'enceinte du théâtre.

Il semble, par conséquent, que M. Montezemolo est le seul qui croit possible la complète suppression des matières combustibles fixes et mobiles. Moi aussi, je crois à la possibilité d'une telle suppression, mais je ne me dissimule pas que son exécution serait difficile et accompagnée de quelques inconvénients. Je crois, par exemple, qu'il y aurait à redouter une sérieuse résistance de la part de compositeurs de musique si l'on voulait donner à la scène un plancher métallique, qui serait naturellement nuisible à la sonorité du théâtre; je pense aussi que les peintres se révolteraient si les architectes les obligeaient à peindre sur des toiles métalliques; je crains, enfin, que la plupart des objets mobiles de la scène seraient trop lourds et trop difficiles à manœuvrer s'ils étaient complètement métalliques suivant l'opinion de M. Montezemolo.

Pour toutes ces considérations, je suis d'avis que la suppression des matières combustibles ne doit pas être poussée au delà d'une certaine limite, afin que cette suppression ne puisse être nuisible aux effets de

1. *La question du feu dans les théâtres*, par P. Chenevier. Paris, 1882.

la représentation; qu'il faut réduire au minimum la quantité des matières inflammables, et que l'inflammabilité de ces matières, dans tous les cas, doit être réduite au minimum au moyen de procédés spéciaux[1]; je pense, enfin, qu'il faut placer les magasins et les ateliers, dans un bâtiment séparé de celui qui contient le théâtre, et qu'il faut avoir sur le théâtre la moindre quantité possible d'objets mobiles, faits avec des matériaux combustibles.

J'ai dit, plus haut, qu'il faut rendre inoffensives les sources de chaleur.

Il y a dans un théâtre les sources de chaleur qui appartiennent au système d'éclairage ordinaire de la salle et de ses accessoires, de la scène et de ses dépendances; il y a les sources de chaleur qui proviennent d'un éclairage extraordinaire ou d'effets de lumière spéciaux sur la scène, et, enfin, celles qui appartiennent au système de chauffage.

L'éclairage ordinaire d'un théâtre devrait être électrique, puisque la seule lumière électrique peut, si elle est convenablement appliquée, être complètement inoffensive. Parmi les nombreux systèmes de lumière électrique qui sont maintenant en usage, l'architecte doit préférer les systèmes à *incandescence dans le vide*. Ces systèmes peuvent répondre à tous les besoins d'un théâtre de la façon la plus complète que l'on puisse imaginer; ils donnent une lumière brillante, uniforme et qui peut être réglée à volonté, une lumière qui présente le grand avantage de ne pas vicier l'air et de chauffer moins que le gaz. Bref, la lumière électrique à incandescence offre tous les avantages du gaz sans en partager les inconvénients.

Il y a des personnes qui craignent que la lumière électrique n'augmente les dangers au lieu de les diminuer, et considèrent, par conséquent, ce système d'éclairage périlleux pour la vie des spectateurs. Il est certain que si une installation de lumière électrique est mal faite il peut se produire bien des inconvénients; il peut arriver que les conducteurs, pour des motifs qu'il serait trop long d'indiquer ici, brûlent et mettent le feu aux objets environnants. Ce danger peut être complètement éliminé si l'installation est faite avec des bons conducteurs et par des électriciens instruits et soigneux; moins encore faut-il

1. Les limites tracées à ce mémoire ne me permettent pas d'entrer dans les détails relatifs aux procédés de ce genre.

craindre les accidents aux personnes, car les secousses données par les courants dont on fait usage dans les systèmes d'éclairage par incandescence ne peuvent faire beaucoup de mal aux personnes qui les reçoivent.

L'installation pour la production de l'électricité qui doit alimenter les lampes du théâtre devrait être placée hors de l'enceinte du théâtre, dans un bâtiment contenant les moteurs dynamiques et les générateurs d'électricité.

Il faudrait donc, à mon avis, appliquer la lumière électrique à tous les théâtres, en prenant cependant toutes les précautions qui seront indiquées par les meilleurs électriciens.

L'expérience a déjà été faite et a donné les meilleurs résultats que l'on puisse désirer. L'année dernière le *Savoy Theatre*, de Londres, a été complètement éclairé par la lumière électrique. L'installation a été faite par MM. *Siemens*, *Brothers and C°*, avec des lampes Swan et des machines Siemens.

Il y a dans ce théâtre 1,166 lampes : 144 pour la salle, 220 pour les loges d'artistes, pour les couloirs, pour les escaliers, etc., 8 pour le local des machines, et 824 pour la scène.

Les lampes sont divisées en six groupes, dont cinq sont composés de 200 lampes chacun, et le sixième en a 166. Chaque groupe est alimenté par une machine Siemens à courant alternatif du type W_1, excitée par une machine à courant continu du type D_7. Il y a, en outre, une machine dynamo-électrique du type D_2, qui est destinée à fournir l'électricité à une puissante lampe à arc voltaïque, placée au-dessus de l'entrée du théâtre. La force nécessaire à mettre en mouvement toutes ces machines dynamo-électriques est de 120 à 130 chevaux[1].

Après le *Savoy Theatre*, deux autres théâtres, l'un à Paris et l'autre en Allemagne, ont été éclairés par la lumière électrique. En Italie, le Comité Edison est maintenant en train d'éclairer entièrement, avec des lampes et des machines Edison, le théâtre *Manzoni*, de Milan.

Afin de compléter les renseignements relatifs aux efforts que l'on a faits jusqu'à présent pour appliquer l'éclairage électrique aux théâtres, je dois ajouter qu'à l'Exposition d'électricité de Munich il y avait un petit théâtre provisoire complètement éclairé par l'électricité; la scène était

1. Voir l'*Engineering*, vol. XXXIII, n° 844.

éclairée par des lampes à incandescence, et la salle par des lampes à arc voltaïque. Les résultats de cette expérience ont été très satisfaisants, surtout pour l'éclairage de la scène.

De tout ce que je viens de dire, il résulte donc que l'utilité pratique de l'éclairage électrique appliqué aux théâtres n'est plus une chose problématique; on peut, par conséquent, non seulement conseiller ce système d'éclairage mais même l'imposer.

Comme je l'ai déjà dit, on a d'autres sources de chaleur dans l'éclairage extraordinaire de la scène et dans les effets de lumière qui sont demandés pour un grand nombre de spectacles modernes. A cet effet, la lumière électrique a déjà été appliquée et l'on doit continuer à s'en servir, en ayant soin de se tenir strictement à toutes les précautions conseillées par les électriciens. Il faut, d'ailleurs, absolument renoncer à tous les moyens qui peuvent être dangereux, comme les coups de feu, les feux d'artifice, etc., etc.

Je dirai enfin quelques mots sur le système de chauffage des théâtres.

M. Chenevier conseille le chauffage à la vapeur, en considérant que la vapeur est un moyen économique de transporter la chaleur et qu'elle peut, en certains cas, être employée comme moyen d'extinction au lieu d'être la cause de quelque commencement d'incendie.

L'ordonnance du préfet de police de Paris permet le chauffage à air chaud et contient quelques prescriptions qui ont le but d'éviter les dangers inhérents à ce système de chauffage. Les conduits, par exemple, doivent être en poterie et leur parois doivent avoir une épaisseur minimum de 6 centimètres; les bouches, sur la scène, doivent être placées à la hauteur de 30 centimètres au moins sur le plancher, et toutes les bouches doivent être éloignées de 16 centimètres du bois, etc.

Ces mêmes prescriptions indiquent le danger qu'il y a à se servir de ce système de chauffage; l'air chaud a l'inconvénient de rendre les matières très inflammables en les chauffant d'une manière excessive. C'est pourquoi je suis d'avis qu'il faut préférer le chauffage à la vapeur, ayant soin de placer le générateur de vapeur hors du théâtre, et précisément dans le même bâtiment où sont situées les machines destinées à l'éclairage par l'électricité.

III

Occupons-nous à présent des mesures, qui ont pour but d'empêcher la propagation des incendies,

Si l'on pouvait éliminer d'une manière absolue tout commencement d'incendie, il n'y aurait évidemment pas besoin des mesures, dont je vais parler. Je pense, cependant, que, quoiqu'on puisse faire, il y aura toujours des commencements d'incendies dans les théâtres qui seront bâtis à l'avenir et plus encore dans les théâtres existants, qui devront être modifiés. Il faut donc songer aux moyens d'étouffer les flammes dès leur première apparition.

Je ne suis pas de l'avis de ceux, qui croient inutiles tous les moyens destinés à l'extinction des flammes. Chaque théâtre doit posséder en abondance de tels moyens, qui ont bien des fois sauvé les théâtres de la destruction, mais il ne faut pas attribuer une trop grande importance aux services qu'ils peuvent rendre. Les moyens d'extinction sont très utiles lorsqu'il s'agit de s'opposer au développement d'un incendie qui commence, mais ils sont inutiles quand les flammes ont déjà pris un certain développement.

Un service hydraulique bien organisé est indispensable dans un théâtre. La brièveté, que je me suis imposée, ne me permet pas d'entrer dans les détails du service hydraulique, que l'on devrait à mon avis adopter pour les théâtres ; je dirai seulement que je crois nécessaire d'avoir toujours une grande abondance d'eau en pression sur tous les points de l'édifice les plus bas aussi bien que les plus élevés. Cette condition est indispensable à la rapidité des secours, et ne doit par conséquent jamais être oubliée par les architectes.

Il sera en outre très utile d'avoir des extincteurs portatifs situés aux points les plus dangereux du théâtre, ou, mieux encore un bon système d'extincteurs automatiques.

Il serait aussi très utile d'avoir un bon système d'avertisseurs automatiques qui seraient toujours prêts à donner l'alarme au personnel de service. Il faudra toujours préférer les systèmes qui admettent un contrôle sûr et facile, afin qu'il ne puisse arriver que des appareils, qui sont très rarement appelés à fonctionner, soient incapables à rendre service quand leur besoin se fait sentir.

Les moyens d'avertissements et d'extinction sont, comme je l'ai déjà dit, indispensables dans un théâtre, mais l'expérience nous apprend que ces moyens ne sont efficaces que contre les commencements d'incendie. Si un incendie réussit à éclater, il ne peut plus être étouffé; il ne finit qu'avec la complète destruction du théâtre. Les cas d'incendies partielles sont très rares, tandis que ceux qui réduisent les théâtres complètement en cendres sont très fréquents.

En conséquence, lorsque l'incendie a pris une certaine étendue, il ne faut plus songer à l'étouffer, mais il faut, au contraire, tâcher de le contenir dans des limites étroites, afin qu'une partie seulement du théâtre et non tout le bâtiment soit détruite par les flammes.

Dans les théâtres existants la partie la plus dangereuse est la scène, où se trouve accumulée une quantité énorme de matières combustibles continuellement réchauffées par les systèmes actuels d'éclairage et de chauffage, et prêtes à s'enflammer à chaque instant; dans les théâtres que l'on bâtira à l'avenir, le point le plus dangereux sera toujours la scène. Il est donc absolument nécessaire que si un incendie se déclare la scène puisse être complètement isolée.

Pour obtenir cette isolation de la scène, il faut que les murs qui l'entourent, s'élèvent au-dessus du toit qui couvre les autres parties du théâtre; ces murs doivent avoir une grande épaisseur et être construits en matériaux réfractaires, au moins du côté intérieur.

Il est en outre nécessaire que ces murs portent le moins d'ouvertures possible; ils ne doivent être percés que par l'ouverture de la scène, et par celles strictement nécessaires à la circulation des artistes. Toutes ces ouvertures doivent être pourvues de fermetures à action automatiques minutieusement étudiées.

Celles, qui sont destinées à la circulation du personnel du théâtre, doivent être constamment fermées au moyen de portes métalliques battantes à fermeture hermétique, comme cela est établi dans l'ordonnance du préfet de police.

L'ouverture de la scène sera fermée par un rideau métallique, qui puisse satisfaire aux conditions de se fermer hermétiquement, de résister longtemps à l'action du feu, et de descendre automatiquement.

A Paris il est prescrit le rideau métallique maillé, soutenu par des cordages combustibles ; la vitesse de sa descente est modérée au moyen de contrepoids suspendus à des câbles métalliques. Les rideaux de ce genre empêchent, il est vrai, l'irruption des flammes dans la salle

et arrêtent les débris en combustion qui, autrement, tomberaient dans la salle ; ils ont cependant l'inconvénient très grave de laisser libre passage à la fumée et aux gaz nuisibles, qui font beaucoup plus de victimes que les flammes elles-mêmes. C'est en vue de cet inconvénient, qu'il faut abandonner ces rideaux qui ne peuvent se prêter au double but de limiter l'incendie et d'empêcher l'asphyxie des spectateurs.

M. Pfaff, qui était un des membres de la commission viennoise, a proposé un nouveau type de rideau, qu'une sous-commission examina et jugea favorablement.

Ce rideau qui a déjà été décrit devant la Société des Ingénieurs civils de Paris[1], est composé de bandes horizontales cintrées en tôle, fixées contre des tirants verticaux, qui sont suspendus à une traverse supérieure. Les bandes en tôle tournent le dos à la scène et les tirants sont placés du côté de la salle.

L'ouverture de la scène est entourée d'un cadre métallique creux composé d'une poutre en tôle supérieure et de deux montants latéraux en fer ou en fonte. Ce cadre doit être constamment plein d'eau en communication avec la canalisation du théâtre. La poutre supérieure porte des tubes, qui regardent le rideau et qui sont fermés par des bouchons fusibles. En cas d'incendie les bouchons fondent et il se forme des jets d'eau, qui ont pour effet de refroidir le rideau.

Le rideau Pfaff est soutenu par quatre câbles métalliques ; une grande partie de son poids est neutralisée par des contrepoids. La manœuvre est faite au moyen d'un élévateur hydraulique ; la pression d'eau fait monter le rideau, et la descente, réglée par un robinet de décharge, a lieu en vertu de la partie non neutralisée du poids du rideau.

M. Pfaff est d'avis que son rideau résisterait aux flammes jusqu'à la fin d'un incendie ; il compte que les tirants verticaux, soustraits à l'action immédiate du feu, tiendraient unies les tôles, malgré leur déformations. Je ne trouve pas très heureuse l'idée de l'ingénieur autrichien et je crains que les déformations des tôles, qui auraient l'épaisseur d'un millimètre et demi, ne soient trop considérables. Il en résulterait que si le rideau ne s'affaissait pas complètement après un certain temps, les fentes entre les tôles s'agrandiraient de façon à laisser passer tous les produits gazeux de la combustion. Je trouve en outre que le rideau Pfaff a le défaut de ne pas agir automatiquement.

1. *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils*. Avril 1882.

Si je devais faire le projet d'un théâtre, je préférerais le rideau en tôle ondulée qui donne l'avantage de pouvoir subir de fortes dilatations sans qu'il en arrive la disjonction des parties qui le composent et par conséquent sa destruction. J'appliquerais à ce rideau le système de suspension prescrit par l'ordonnance du préfet de police ; je voudrais que le rideau fût suspendu au moyen de cordages faciles à brûler, auxquels je ferais faire le tour complet de la scène, afin que la descente du rideau arrive toujours, quel que soit le point où l'incendie éclate ; des contrepoids appliqués à des câbles incombustibles seraient chargés de modérer la vitesse de descente du rideau. J'adopterais enfin pour mon rideau le système de froidissement suggéré par la commission viennoise, qui consiste dans un cadre métallique creux rempli d'eau et garni de tubes fermés par des bouchons fusibles. Je ne doute pas qu'un rideau de ce genre ne puisse résister longtemps à l'action du feu.

Pour que l'incendie soit limité à la scène, il y a encore à prendre une autre mesure d'une grande importance. On a remarqué que les flammes se propagent soudainement de la scène à la salle, attirées par l'appel que le lanterneau central produit. Il serait nécessaire de supprimer cet appel, afin qu'il ne puisse arriver que les flammes ne s'élancent dans la salle avant la descente du rideau et ne rendent inutile l'action de ce dernier.

Dans les théâtres existants la scène peut être considérée comme un four, dont le lanterneau de la salle est la cheminée. On comprend aisément à quels inconvénients une telle disposition peut conduire. S'il faut que les objets contenus dans la scène brûlent comme dans un four sans qu'il y ait danger pour les autres parties du théâtre, il est nécessaire que la cheminée de ce four soit au-dessus de la scène et non dans la salle.

M. Vivien, qui a écrit sur le sujet de la sûreté dans les théâtres dans le *Moniteur Industriel*, propose de placer sur la scène une grande cheminée, qui devrait être fermée par un registre pendant la représentation ; le lanterneau de la salle devrait être ouvert pendant la représentation, et être, lui aussi, pourvu d'un registre; en cas d'incendie on devrait fermer le registre de la salle et ouvrir celui de la scène.

Cette disposition satisferait évidemment à la condition que l'on a en vue d'obtenir, si l'on était sûr que, en cas de danger, la manœuvre nécessaire fût réellement exécutée. Mais l'expérience a démontré qu'il ne faut pas compter sur l'action des hommes, puisque dans la

indépendants l'un de l'autre, destinés au service de la salle. La largeur totale minimum des ouvertures communiquant de la salle au vestibule, aussi bien que celle des ouvertures du vestibule à l'extérieur est fixée à 6 mètres. Si le nombre des personnes que le théâtre peut contenir est supérieur à 1,000, la largeur des susdites ouvertures doit être augmentée de 0m,60 pour chaque centaine de places au-dessus de 1,000. La largeur minimum des couloirs est fixée à 2m,50.

Voici les prescriptions relatives aux communications, que les propriétaires de théâtres sont obligés d'observer à Paris. Je n'hésite pas à considérer comme insuffisantes ces mesures, qui semblent établies en vue de la sortie normale du public, et non en vue de la sortie tumultueuse, qui aurait lieu en cas de danger.

M. Montezemolo est d'avis que les escaliers, les couloirs et les portes devraient avoir une largeur minimum de 1m,50, et que ces communications devraient desservir tout au plus 300 personnes chacune. Cette prescription me semble également insuffisante, car je crains que 300 personnes ne puissent obstruer complètement un escalier ou un couloir de 1m,50 de largeur.

De précieux conseils ont été donnés à ce propos par la commission viennoise, qui a reconnu la nécessité de diviser le public entre de nombreuses issues, qui aboutissent à air libre chacune indépendamment de toutes les autres. Il ne suffit donc pas d'avoir des communications spacieuses et nombreuses, mais il faut encore étudier la division de ces communications pour qu'elles soient favorables au plus haut degré possible à la circulation des spectateurs.

J'étais déjà arrivé à cette conclusion avant de lire le rapport de la commission viennoise, et le fait que cette mesure a été recommandée par des personnes aussi capables, que les membres de cette commission, a été pour moi une démonstration de son opportunité.

La commission viennoise est d'avis qu'il n'est pas possible de donner des règles générales concernant le nombre et les dimensions des communications d'un théâtre, vu qu'il y a beaucoup d'éléments, qui exercent des influences différentes sur de telles données, comme la longueur du chemin à parcourir, la forme des escaliers, celle des degrés, etc. La susdite commission conseille cependant de donner à chaque étage du théâtre deux escaliers au moins qui soient indépendants l'un de l'autre, et dont les dimensions soient en proportion du nombre des personnes, qui doivent y circuler, ainsi que de leur lon-

gueur. Elle recommande en outre de donner à ces escaliers un développement aussi régulier que possible; à cet effet les rampes et les paliers devraient avoir toujours les mêmes dimensions pour le même escalier, l'inclinaison devrait être constante, les degrés devraient être égaux entre eux, et il faudrait éviter les escaliers circulaires et les dégrés isolés.

J'ai tâché d'appliquer l'idée de la division des issues à une salle de théâtre, et cette application est représentée par la planche, qui est jointe à ce mémoire, et qui n'a d'autre but que celui de démontrer la possibilité de créer une salle de théâtre munie d'un grand nombre de sorties séparées.

La Pl. 53, fig. 1, représente le plan du rez-de-chaussée, et la fig. 2 le plan du quatrième étage. On peut observer dans ces deux plans d'abord la section environnant le parterre destinée aux loges, puis un couloir intérieur, et une section destinée aux escaliers, et enfin un couloir extérieur. La fig. 3 est une section destinée à faire voir la disposition des rampes et des paliers, et en général le développement des escaliers, La fig. 4 est une section faite dans le couloir extérieur, et montre la position des portes, qui s'ouvrent sur ce couloir.

Le théâtre considéré aurait quatre rangs de loges et des baignoires au rez-de-chaussée; chaque rang serait composé de vingt-quatre loges, et le nombre des baignoires serait de huit.

Le public doit entrer dans mon théâtre par les portes centrales, qui resteraient ouvertes en nombre de quatre ou six pendant la représentation. Les spectateurs s'acheminent à droite et à gauche le long du couloir extérieur du rez-de-chaussée, et trouvent huit entrées de chaque côté. Quatre de ces entrées mènent au parterre, et les autres donnent accès à quatre escaliers, dont chacun aboutit à un seul rang de loges. Les spectateurs, après avoir monté les escaliers, se trouvent dans le couloir extérieur du rang, dans lequel ils doivent prendre place, et de ce couloir passent au couloir intérieur traversant des passages, qui sont au nombre de quatre pour chaque demi-rang.

En cas de danger, les spectateurs de chaque demi-rang de loges se jetteraient dans le couloir intérieur et passeraient par les quatre passages susdits au couloir extérieur; ils y trouveraient déjà une sécurité relative, puisque les passages pourraient être fermés au moyen de portes battantes métalliques, et le couloir extérieur pourrait avoir de nombreuses fenêtres s'ouvrant à air libre. Les spectateurs d'un demi-

rang, qui ne dépasseraient jamais la centaine, descendraient aisément par l'escalier, dont l'usage leur serait exclusivement réservé; arrivés au rez-de-chaussée, ils trouveraient vis-à-vis de la porte qui donne accès à l'escalier une porte de sortie, qui devrait pouvoir être ouverte avec la plus grande facilité par les spectateurs mêmes.

Les spectateurs du parterre seraient divisés en huit groupes, dont chacun aurait à sa disposition un passage et une porte de sortie; chaque groupe pourrait donc sortir du théâtre sans se mêler aux spectateurs des autres parties de la salle.

Il résulte que mon théâtre serait fourni de 16 issues, complètement indépendantes entre elles. En supposant que le parterre contienne tout au plus 800 personnes et que chaque demi-rang de loges avec la baignoire correspondante en contienne 100, toute la salle contiendrait 1,600 personnes.

En cas de danger, ces 1,600 personnes seraient divisées en 16 groupes, dont chacun se composerait de 100 personnes et aurait à sa disposition une issue commode et spacieuse, par laquelle il pourrait atteindre une complète sécurité dans un temps très court [1].

Le dessin que je viens de décrire n'est autre qu'un dessin démonstratif, destiné à représenter une des façons de mettre en exécution l'idée de la commission viennoise. D'habiles architectes pourront trouver des dispositions meilleures que celle que j'ai imaginée et que je serais disposé à voir rejeter, pourvu que l'on ne rejetât pas l'idée générale dont ma proposition est l'application.

Il ne suffit pas de se préoccuper de la sûreté des spectateurs ; il est, en outre, nécessaire de songer à celle du personnel du théâtre, qui est parfois très nombreux. Il n'est pas bien difficile d'imaginer des dispositions en vertu desquelles ce personnel puisse sortir du théâtre d'une manière facile et rapide. Ce problème me semble moins difficile que celui relatif au public, dont je viens de donner une solution ; pour cette raison et afin de ne pas trop prolonger mon exposition, je ne m'arrêterai pas sur ce point de la question et laisserai aux architectes le soin de l'étudier.

Je me limiterai à dire, à ce propos, que les loges d'artistes devraient

1. M. le professeur Capocci, de l'Université de Naples, avait imaginé, il y a quelques années, une salle de théâtre, dans laquelle il y avait un couloir intérieur et un couloir extérieur et plusieurs escaliers entre ces deux couloirs. Cette disposition ressemble beaucoup à la mienne, mais M. Capocci n'a pas eu l'idée de la division des issues.

s'ouvrir sur des couloirs spacieux où se trouveraient de nombreux escaliers, qui permettraient aux acteurs de se trouver promptement au dehors.

V

Il me semble utile de résumer brièvement tout ce que j'ai exposé jusqu'ici et de formuler, d'une manière concise, les mesures que je crois nécessaires à la complète sécurité du public dans les théâtres.

Ces mesures peuvent être exposées de la manière suivante :

I. *Mesures qui ont pour but d'éviter les commencements d'incendie :*

a). Il faut supprimer les matières combustibles qui peuvent être éliminées sans qu'il en résulte de graves inconvénients pendant l'exploitation des théâtres, et rendre incombustibles au plus haut degré possible, par des procédés spéciaux, les matières inflammables qui ne peuvent être éliminées.

b). Il faut substituer l'éclairage électrique aux autres systèmes d'illumination; il faut, en outre, défendre absolument l'emploi de moyens dangereux pour obtenir des effets lumineux sur la scène; il faut que le théâtre soit chauffé au moyen d'un système bien organisé de chauffage à la vapeur.

c). On doit isoler complètement le théâtre et le diviser en deux bâtiments séparés, dont le principal contienne la salle avec ses accessoires, la scène et les loges d'artistes, et l'autre soit une dépendance contenant les bureaux d'administration, les magasins, les ateliers, l'installation des moteurs et des machines dynamo-électriques pour l'éclairage électrique, et le générateur de vapeur pour le chauffage.

II. *Mesures ayant pour but d'empêcher la propagation des incendies :*

a). Il faut fournir le théâtre d'un bon système d'avertisseurs automatiques, d'un service hydraulique bien organisé, d'extincteurs portatifs et, en général, de tous les moyens qui servent à étouffer les commencements d'incendie.

b). Il faut donner au théâtre une disposition qui permette la com-

plète isolation de la scène : à cet effet, il faut entourer la scène de murs d'une grande épaisseur, qui dépassent le niveau du toit, et qui portent le moins d'ouvertures possibles, fournir la grande ouverture de la scène d'un rideau métallique en tôle ondulée, qui descende automatiquement, et soit automatiquement rafraîchi, fournir les autres ouvertures de portes métalliques battantes, et enfin supprimer le lanterneau central de la salle.

III. *Mesures qui ont pour but de faciliter la sortie des personnes :*

a) Il est nécessaire de doter le théâtre d'un système de communications nombreuses, spacieuses et divisées par lesquelles le public, fractionné, puisse sortir aisément à air libre, en ayant soin de disposer pour chaque groupe de 100 à 150 spectateurs une issue indépendante de toutes les autres.

b). Il faut assurer la sortie du personnel du théâtre au moyen de dispositions semblables à celles adoptées pour la sortie du public.

Si toutes ces prescriptions étaient suivies, je pense que le plus prudent des hommes pourrait aller au théâtre l'esprit tranquille et sans s'exposer à des dangers plus grands que ceux qui le menaceraient s'il restait enfermé dans sa propre habitation.

J'ai, jusqu'à présent, parlé des théâtres en général sans distinguer le cas des théâtres qui sont à bâtir du cas des théâtres existants. J'ai pensé qu'il n'était pas nécessaire de séparer ces deux cas dans ce mémoire, dans lequel j'ai tâché de déterminer les conditions qui constituent le théâtre modèle pour ce qui concerne la sûreté du public. Les théâtres que l'on bâtira à l'avenir devraient s'uniformiser complètement à toutes les prescriptions établies, et devenir, par conséquent, autant de théâtres modèles. Les théâtres existants devraient être modifiés de façon à s'approcher autant que possible du type, qui présente toute garantie pour la sûreté du public. Si, cependant, avec de telles modifications, il n'est pas possible d'atteindre une sûreté qui soit jugée suffisante par les hommes techniques, les théâtres devraient être fermés et destinés à tout autre usage, à l'exception de celui de représentations publiques.

Les prescriptions nécessaires à assurer la vie des spectateurs ne doivent pas être facultatives pour les propriétaires de théâtres, mais elles doivent leur être imposées au moyen d'une loi spéciale.

Il faut être bien naïf pour espérer que les spéculateurs puissent beaucoup se soucier de la sûreté des personnes, du moment qu'ils trouvent le public disposé à fréquenter le théâtre le plus dangereux aussi bien que le plus sûr. Les propriétaires continueront à faire bâtir les théâtres en tombant toujours dans les mêmes erreurs jusqu'à ce qu'ils soient obligés de faire autrement.

Il est donc absolument nécessaire que nos législateurs étudient des dispositions, qui donnent au gouvernement le droit d'examiner et de modifier, d'approuver ou de rejeter les projets de construction des théâtres nouveaux et ceux de modification des théâtres existants, en même temps que le droit de surveiller l'exécution des susdits projets et l'exploitation des théâtres.

Je suis heureux d'être sur ce point parfaitement d'accord avec M. l'ingénieur Montezemolo, qui a, dans ses articles, chaleureusement soutenu l'idée de la nécessité de dispositions législatives à ce propos.

La loi, que nous demandons, pourrait être simple et même composée d'un seul article ; elle devrait être suivie d'un règlement, qui contînt les prescriptions à suivre dans la construction, dans la modification et dans l'exploitation des théâtres.

Le gouvernement pourrait, je parle ici pour l'Italie, confier au *Conseil supérieur des travaux publics* la tâche d'examiner les projets relatifs aux théâtres, et au *corps des Ingénieurs du Génie civil* celle de surveiller l'exécution de ces projets et l'exploitation des théâtres.

Voici quel serait à mon avis le seul moyen de faire cesser les accidents qui sont malheureusement si fréquents et si désastreux.

Il y a de ceux qui disent que la *loi de sûreté publique* donne au gouvernement tous les droits nécessaires pour garantir la vie des spectateurs, et pensent qu'un règlement émanant de cette loi et donné par le ministère de l'intérieur, serait suffisant. Je ne suis pas de cet avis, car il me semble que le gouvernement ne puisse, par effet de la loi de sûreté publique, s'arroger ni le droit d'examiner les projets de construction et de modification des théâtres, ni celui de surveiller l'exécution de ces projets. Cette loi donne au gouvernement le droit de régler les représentations et même de fermer un théâtre existant mais rien de plus. Une loi spéciale est donc nécessaire.

Cette loi spéciale donnerait aussi l'avantage de placer les théâtres sous l'autorité de personnes compétentes, qui, étant organisées avec un système de complète centralisation, donneraient au service cette

unité de conception qui est, à mon avis, indispensable. On ne pourrait pas obtenir la même condition, si ce service était confié aux *Préfets*, car ceux-ci nommeraient des commissions locales de compétence douteuse et facilement accessibles aux influences étrangères.

C'est donc au pouvoir législatif et non au pouvoir exécutif, qu'il faut, à mon avis, demander des mesures énergiques. J'aime à espérer que le gouvernement voudra y penser, que les représentants de la nation s'en préoccuperont et que l'on attendra pas avant de prendre les mesures nécessaires qu'elles soient généralement réclamées quand une nouvelle et plus terrible catastrophe viendra jeter une indomptable frayeur dans l'esprit public.

CHRONIQUE

Sommaire. — Vitesse des trains de chemins de fer. — Les trains du dimanche aux États-Unis. — Résistance des trains de chemins de fer. — Les plus grands ponts du monde. — Le pétrole en Russie. — Le trafic du Gothard. — Un nouveau steamer transatlantique. — Le télégraphe en Suisse. — Le procédé Thomas et Gilchrist.

Vitesse des trains de chemin de fer. — On s'est beaucoup préoccupé depuis quelque temps de la vitesse comparative des trains de chemins de fer dans les divers pays de l'Europe et aux États-Unis, et les journaux ont fourni à ce sujet des statistiques dont la plupart sont inexactes. Le fait qui, toutefois, semble en ressortir, dit l'*Engineer*, est que, si l'on prend le temps nécessaire pour franchir la distance séparant deux points reliés par une voie ferrée, les vitesses sont notablement au-dessous de ce qu'on se figure dans le public.

Si, par exemple, on prend le trajet de Londres à Édimbourg, par York, distance 639 kilomètres, on trouve que les trains du Great Northern le font en neuf heures, soit une vitesse moyenne de 71 kilomètres. De la gare d'Euston, la distance est de 645 kilomètres, et les trains du London and North Western les franchissent en dix heures à la vitesse moyenne de 55 kilomètres à l'heure. Par le Midland il y a 650 kilomètres franchis en dix heures cinq minutes, ce qui donne sensiblement la même vitesse.

On peut mettre au nombre des trains les plus rapides qui existent ceux qui vont entre Londres et Leeds. De la gare de King's Cross il y a, par le Great Northern, 300 kilomètres, et de la gare de Saint-Pancras par le Midland 315 klomètres. Le train le plus rapide sur le Great Northern met quatre heures cinq minutes, ce qui donne une vitesse moyenne de 73 kilomètres. Sur le Midland on met quatre heures trente minutes, soit une vitesse moyenne de 70 kilomètres.

Le train le plus rapide du monde est celui auquel on a donné le surnom de *Voltigeur hollandais*, et qui circule sur la voie large entre Londres et Swindon à la vitesse de 86 kilomètres à l'heure. Les trains du Great Northern vont, entre Londres et York, à 77 kilomètres, et il y a un train entre Londres et Peterborough qui marche à 82 kilomètres à l'heure.

Le trajet de Londres à Grantham a été fait souvent à la vitesse de 82 kilomètres. Sur les chemins de fer des États-Unis, il semble que les trains les plus rapides sont ceux qui vont entre Philadelphie et Jersey City, distance 143 kilomètres, à la vitesse de 76 kilomètres à l'heure. Il n'existe

sur aucun chemin de fer des trains dont la vitesse soit réglée à 60 milles à l'heure (96.6 kilomètres), bien qu'en réalité cette vitesse soit parfois atteinte et dépassée en service. Si la vitesse de 60 milles pouvait être maintenue d'une manière permanente entre Londres et Édimbourg, le trajet entre ces deux villes ne demanderait que six heures trente-six minutes, et, en admettant trois arrêts de dix minutes chacun, on irait en sept heures un quart au lieu de dix heures. Y a-t-il dans l'établissement matériel des chemins de fer quelque chose qui empêche de maintenir des vitesses de 60 milles à l'heure? On peut répondre négativement. Pourquoi donc ne les réalise-t-on pas? C'est ce que nous allons examiner.

Le premier point pour obtenir de grandes vitesses moyennes c'est d'avoir de longs parcours, autrement dit d'avoir des points d'arrêt très éloignés; c'est nécessaire non seulement pour supprimer le temps du stationnement, mais surtout pour éviter le temps perdu dans le ralentissement et dans la reprise de la vitesse normale, temps perdu qu'on peut réduire, mais non supprimer entièrement, ne fût-ce qu'au point de vue de la sécurité. En outre, il est nécessaire que le train soit d'un poids très modéré pour que la machine puisse soutenir la même vitesse sur les rampes et de niveau. On ne peut, pour les trains rapides, faire entrer en compte la compensation entre les rampes et les pentes. Supposons que la vitesse maxima à atteindre ne doive pas dépasser 112 kilomètres, 70 milles à l'heure; si les rampes et les pentes se compensent, la vitesse du train ne devra jamais descendre au-dessous de 80 kilomètres, sans quoi la vitesse moyenne ne pourrait atteindre 96 kilomètres. Si la vitesse maxima permise est de 96 kilomètres et la vitesse moyenne de 64 kilomètres, les trains pourront remonter les rampes à 32 kilomètres seulement.

On ne saurait, dans aucun cas, admettre des vitesses de plus de 112 kilomètres (70 milles) avec le matériel ordinaire, et il n'existe pas de locomotives capables de marcher entre Londres et Édimbourg à 80 kilomètres avec des charges supérieures à 55 tonnes, ce qui représente 75 tonnes pour la machine et le tender, et 55 pour quatre voitures à voyageurs et un fourgon, le poids total du train étant ainsi de 130 tonnes. Le nombre maximum des voyageurs transporté serait de 200, ce qui met le poids mort par voyageur à 650 kilogrammes, Le prix de première classe est actuellement de 72 francs. La recette totale est donc de 14,400 francs, soit 23 francs par kilomètre. Ce prix peut être considéré comme rémunérateur; mais l'écueil est qu'on peut être fortement tenté d'ajouter une voiture et c'est là un moyen infaillible de gâter l'affaire, parce que ce train ne peut exister qu'à la condition d'être assez léger pour que la vitesse ne descende jamais au-dessous de 80 kilomètres. Il faudrait avoir pour le parcours trois machines faisant chacune environ 240 kilomètres; on ne saurait voir là de difficulté.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que, bien que la charge soit faible, la grande vitesse soutenue nécessitera une consommation considérable d'eau et de combustible. On ne saurait compter moins de 11.5 kilo-

grammes de charbon par kilomètre, de sorte que le tender devrait contenir 3 tonnes, et, à raison de 10 d'eau pour 1 de combustible, pertes comprises, il faudrait 30 mètres cubes d'eau. Cette quantité serait à peu près impossible à transporter, mais avec l'emploi de la rigole Ramsbottom on pourrait réduire la capacité du tender à 4,500 litres.

Sur une grille de 1.80 mètres carrés, il faudrait brûler 600 kilogrammes de combustible par mètre carré et par heure, ce qui est exagéré pour un travail régulier et soutenu; un type spécial de machine avec longue grille était ainsi absolument indispensable. On peut donc dire que c'est un modèle à créer.

Le train le plus rapide des chemins de fer de la Grande-Bretagne est, comme nous l'avons dit plus haut, celui qu'on appelle le *Voltigeur hollandais* et qui circule sur la voie large. Bien des personnes pensent que, dans ce cas l'avantage de la voie large est de supprimer le danger du renversement de la machine; c'est une erreur complète. Avec une bonne voie à l'écartement normal de 1^{m},51, à aucune vitesse pratique un train ne peut courir le risque d'un accident de cette nature. L'avantage de la voie large est de permettre l'emploi d'une grande chaudière et particulièrement d'une grande grille. Ainsi la machine *Great Britain* a presque le double de la surface de chauffe des plus puissantes machines express de la voie normale, et il n'y aurait aucune difficulté à porter sa surface de grille à 3.3 mètres carrés, s'il le fallait. Les machines de ce type ont 178 mètres carrés de surface de chauffe et 1.9 de surface de grille. Le *Voltigeur hollandais* se compose d'une machine avec son tender, pesant 66 tonnes, d'un fourgon à huit roues de 16 tonnes, et de cinq voitures à huit roues, pesant 88 tonnes, total, 170 tonnes.

Le principal obstacle à la grande vitesse des trains est la difficulté de produire une vaporisation suffisante. Il est évident que si l'on peut construire des machines qui fassent avec 6 kilogrammes de combustible le travail que les machines actuelles font avec 12, on obtiendrait un avantage énorme, mais il est peu probable qu'on puisse gagner grand'chose sur la combustion. C'est plutôt dans l'emploi du système Compound que serait la solution.

L'étude d'une machine pouvant faire de longs trajets à la vitesse de 100 kilomètres est, en tout cas, un problème intéressant qui devra être abordé un jour ou l'autre. Nous en avons indiqué d'une manière sommaire les points essentiels. Les machines actuelles sont tellement serrées dans toutes leurs parties qu'une augmentation un peu sérieuse dans la surface de la grille entraînerait des modifications complètes dans la disposition générale. Nous ne doutons pas cependant qu'on ne puisse arriver à réaliser le type dont nous avons parlé; reste à savoir s'il verra d'abord le jour en Angleterre ou en Amérique. Chaque année le nombre de kilomètres parcourus par chaque individu augmente, et cet accroissement dans la circulation générale doit encourager l'établissement de trains rapides à

grandes distances, qui sont les seuls qui puissent rendre les grandes vitesses possibles et rémunératrices.

On voit que, dans ce qui précède, la vitesse n'est considérée que dans ses relations avec la puissance maxima développée par les machines, et qu'il n'est pas tenu compte de certaines autres considérations dont l'importance est cependant très sérieuse, entre autres la stabilité des machines. Nous renverrons à ce sujet à la note reproduite d'après l'*Organ*, dans la chronique de novembre 1882, page 502.

Les trains du dimanche aux États-Unis. — On commence à comprendre que le code pénal de l'État de New-York et les lois sur l'observation du dimanche n'ont pas pour objet de gêner les industries qui ont besoin d'une marche continue, et cette considération seule doit, dans la plupart des États de l'Union, protéger contre toute interruption les grandes lignes de chemins de fer et les trains à longs parcours. On conçoit, en effet, qu'un trajet entre l'Atlantique et le Pacifique peut être considéré comme ayant aussi bien le droit à la continuité que le travail d'un haut fourneau (lequel ne tombe pas sous le coup des lois du dimanche), ou que le service des paquebots le long des côtes. Mais il y a d'autres considérations qui empêcheront toujours la stricte observation des lois en question, telles que le service de la poste, la suprématie du Congrès pour les relations entre les divers États et la difficulté pratique d'établir des distinctions entre les personnes qui voyagent pour leur plaisir et celles qui le font par nécessité. Il est admis depuis longtemps que les États ne peuvent émettre aucune loi ou arrêté qui puisse porter obstacle au service postal, et, en outre, il entre de plus en plus dans les idées de considérer les communications entre les divers États comme relevant uniquement de l'autorité du Congrès.

La décision récente du juge Arnoux déclarant que la police municipale ne peut empêcher la circulation des voyageurs et de leurs bagages n'est point unique. Il y a un an ou deux, un juge du Kentucky devant lequel avait été portée une plainte contre les trains du dimanche, avait déclaré que les lois de l'État n'étaient point applicables du moment où les trains franchissaient les limites de l'État ou bien faisaient le service des postes, et que les autorités de l'État n'avaient de contrôle que sur les trains locaux portant seulement des voyageurs ou des marchandises. Ce sont, sans aucun doute, ces considérations qui ont fait établir, dans les restrictions apportées par la législation de certains États, comme les Carolines du Sud et du Nord, sur le service des chemins de fer le dimanche, des réserves expresses pour les trains chargés du service postal.

La grosse question de la légalité des trains du dimanche s'est trouvée récemment posée dans le Kentucky au sujet d'un cas où des points spéciaux étaient soulevés. Il s'agissait d'une poursuite, exercée au nom de l'État, par l'attorney général contre le *Louisville and Nashville Railroad*, dans le but de faire interdire tout trafic le dimanche, et le jugement rendu par la juri-

diction suprême de l'État déclara que les exigences du commerce devaient assimiler le mouvement des chemins de fer à un travail indispensable dans une certaine mesure, mesure qui devait être laissée à l'appréciation de la compagnie de chemins de fer, laquelle devait se laisser, dans ce cas, diriger par l'opinion publique.

Le bon sens général est très capable d'établir cette mesure. Ainsi on peut invoquer cette considération que les compagnies de chemins de fer abritent les voyageurs et leur fournissent les moyens de se nourrir en route, et que suspendre le service des chemins de fer le dimanche et obliger par là les voyageurs à descendre dans des hôtels et à manger dans des restaurants ne ferait que déplacer la question et n'assurerait pas le moins du monde l'observation du dimanche. Il y a beaucoup de cas où les voyageurs éprouvent une nécessité réelle de parvenir à leur destination.

L'arrêt, pendant toute une journée, de trains portant des bestiaux, des fruits, des légumes, etc., causerait des dommages sérieux. On peut invoquer des considérations du même genre pour les tramways et chemins de fer dans les villes, sans compter les services qu'ils peuvent rendre pour amener les fidèles aux temples. D'ailleurs il y a bien des cas où on ne saurait faire d'enquête pour établir le degré d'utilité qu'il y a à la circulation de telle ou telle personne ou de telle et telle nature de marchandises. Admettrait-on qu'une personne qui loue un cheval ou une voiture le dimanche déclare pour quel but elle le fait, pour mettre en repos la conscience du loueur? Le bon sens dit d'une manière générale que le marchand qui vend le dimanche, le fermier qui laboure, le charpentier qui travaille, le cabaretier qui vend des liqueurs, etc., violent la loi du dimanche; il est admis par les usages que les personnes qui agissent ainsi sont dans leur tort; mais tout le monde est capable d'apprécier la différence qui existe entre ces cas et celui d'un voyageur qui rentre chez lui le dimanche ou certains qui sont nécessités par les besoins réels du commerce.

Ainsi, dans le Maryland, un train de bestiaux venant d'une autre ligne arrivant sur le réseau du *Philadelphia, Wilmington and Baltimore Railroad*, qui n'a pas de service le dimanche, le train dut séjourner toute une journée et le chargement vivant eut à souffrir. La cour jugea que l'observation du dimanche n'était pas un cas d'excuse; la compagnie, acceptant le transport des bestiaux, devait, tant par humanité que par égard pour les intérêts qui lui étaient confiés, opérer les transports dont elle était chargée, et ce cas devait être considéré comme travail nécessaire. Ajoutons que, dans la Virginie occidentale, où la législation admet le transport des dépêches et des voyageurs avec leur bagage, le dimanche, mais est muette sur le chapitre des marchandises, une compagnie de chemins de fer a été poursuivie pour avoir fait circuler un train de charbon, et la cour a confirmé en déclarant qu'une société peut, aussi bien qu'un particulier, être poursuivie et condamnée pour violation du repos du dimanche.

Résistance des trains de chemins de fer. — Le professeur Franck

a présenté à la Société des Ingénieurs et Architectes de Hanovre un mémoire sur la résistance des trains de chemins de fer. L'auteur prend pour point de départ les expériences de MM. Vuillemin, Guebhard et Dieudonné, exécutées au chemin de fer de l'Est de 1862 à 1868 et les expériences faites sur les chemins de fer de l'État de Bavière de 1875 à 1878, par M. von Rockl.

La formule de résistance à laquelle arrive M. Franck est

$$w = \mu + \frac{\lambda F}{Q} v^2$$

dans laquelle il appelle :

w la résistance en kilogrammes par tonne;

Q le poids en tonnes;

μ, λ et F des coefficients variables suivant la nature des véhicules, et dont les différentes valeurs données par l'auteur sont :

Pour les machines à voyageurs	$\mu =$	0,0032
Pour les machines à marchandises	$\mu =$	de 0,0038 à 0,0039
Pour les wagons	$\mu =$	0,0025
Pour tous les véhicules	$\lambda =$	0,1225
Pour les machines à voyageurs.	F =	7
Pour les machines à marchandises.	F =	8
Pour les fourgons.	F =	1,7
Pour les voitures à voyageurs et wagons à marchandises fermés	F =	0,5
Pour les wagons ouverts vides.	F =	0,4
Pour les wagons ouverts chargés.	F =	1,0

L'auteur estime que cette formule permet de calculer avec une grande exactitude la résistance des trains aux différentes vitesses.

Les plus grands ponts du monde. — Les plus grands ponts existant actuellement sont :

1° Le pont du Forth, qui a deux travées de 518 mètres, deux de 206, quatorze de 51 et six de 15 mètres. Le tablier est à 45 mètres au-dessus des hautes mers; les piles seront fondées à des profondeurs de 7m,20 à 21 mètres au-dessous des hautes mers. La construction totale, y compris 800 mètres de viaduc d'accès, coûtera 40 millions de francs.

2° Le nouveau pont de la Tay, qui doit remplacer celui dont la chute a fait tant de bruit il y a trois ans, aura 3,286 mètres de longueur en 85 travées, dont 81 portées sur des piles métalliques. Les travées destinées à la navigation sont au nombre de 11 de 74 mètres, et de 13 de 69 mètres; elles sont à 23m,50 au-dessus des hautes mers: les fondations descendent

à $6^m,50$ au-dessous du sol. La dépense totale sera de 16 millions et demi de francs.

3° Le pont sur le Gange, à Benarès a 7 travées principales de 108 mètres, et 9 de moindre portée. La hauteur est de 24 mètres au-dessus des plus hautes eaux. Certaines piles sont fondées à 36 mètres au-dessous du fond du fleuve. Ce pont est construit en acier.

4° Le viaduc de Kinzua, sur le *New-York Erie and Western Railroad*, a une longueur totale de 717 mètres en 21 travées. La hauteur est de 92 mètres au-dessus du fond de la vallée. Les piles sont formées de charpentes métalliques et présentent une inclinaison de 1/6°. Ce pont a coûté 1,250,000 francs; le montage en a été fait en 94 jours, avec 125 ouvriers et 2 grues à vapeur.

5° Le pont sur l'East River, entre New-York et Brooklin, est un pont suspendu de 1,827 mètres de longueur totale. La travée centrale sous laquelle passeront les navires a 486 mètres de portée et le tablier est à $41^m,80$ au-dessus des hautes mers. Les quatre chaînes de suspension de $0^m,40$ de diamètre peuvent supporter une charge totale de 122,000 tonnes. La dépense devait s'élever à 80 millions de francs, mais on dit qu'elle ira à plus de 100. Des détails sur ce travail remarquable, aujourd'hui terminé, ont été donnés dans la Chronique d'août 1882, page 196.

Le pétrole en Russie. — Le gouvernement russe a annoncé l'ouverture prochaine d'un chemin de fer allant de Tiflis à la mer Caspienne, vers Bakou ; cette ligne, de 560 kilomètres de longueur, achève la communication entre la mer Noire et la mer Caspienne. De la première de ces mers à Tiflis, il y a une voie ferrée de 290 kilomètres de longueur, ouverte il y a une douzaine d'années, et qui a rendu les plus grands services lors de la dernière guerre entre la Russie et la Turquie. La nouvelle voie a une immense importance pour ces contrées, parce qu'elle aboutit aux régions qui produisent le pétrole et leur donne un débouché. La distance jusqu'à la mer Noire n'est guère plus grande que celle des régions à huile des États-Unis à New-York, et les navires chargés à Tiflis pourront porter le pétrole dans tous les ports de la Méditerranée, pour lesquels la distance est beaucoup moindre que celle d'Amérique en Europe.

Si le pétrole russe était aussi bon et pouvait être obtenu et raffiné à aussi bon compte que celui des États-Unis, ce serait une concurrence très sérieuse pour ce dernier. L'huile est plus lourde et ressemble à celle de la Virginie occidentale; elle renferme une moindre proportion d'huile d'éclairage, mais on dit qu'elle est d'une qualité exceptionnelle comme huile de graissage et, à ce point de vue, elle fait déjà en Europe une concurrence très sérieuse aux huiles d'Amérique. Ces pétroles pourront maintenant être transportés par bateaux sur la mer Caspienne et sur le Volga, jusqu'au chemin de fer qui les conduira à leur destination. Ce mode de transport est

commode pour la Russie, mais il est trop coûteux pour l'Europe occidentale.

Il paraît que les grandes sociétés russes d'extraction de pétrole font de sérieux efforts pour conclure avec les chemins de fer autrichiens des arrangements pour le transport du pétrole vers l'ouest de l'Europe. L'huile serait envoyée dans des wagons réservoirs.

Dans un autre ordre d'idées, la nouvelle ligne sera des plus utiles pour amener commodément en peu de temps et à peu de frais, dans des régions peu connues et habitées par des populations presque sauvages. Ce chemin de fer n'est pas en communication avec d'autres lignes, mais Poti sur la mer Noire est très facilement accessible par bateaux à vapeur de Constantinople et des ports de la mer Noire. Il est à 1,100 kilomètres environ de Constantinople et d'Odessa, ce qui représente deux jours et demi à trois jours de navigation.

Le trafic du Gothard. — Nous avons donné, dans la Chronique d'octobre 1882, page 426, les recettes de la ligne du Gothard depuis l'ouverture jusqu'au mois de septembre inclusivement. On trouvera ci-après ces recettes jusqu'au mois d'avril. Il y a eu une diminution importante dans les recettes des voyageurs pour les mois d'hiver, comme on pouvait s'y attendre, mais le trafic des marchandises paraît en voie d'augmentation :

	RECETTES				AUGMENTATION pour 100 sur l'année précédente
	Voyageurs	Marchandises	TOTALES	par kilomètre et par mois	
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Octobre 1882	445.000	515.000	960.000	3.810	255.6
Novembre	305.000	565.000	870.000	3.840	308.5
Décembre	180.000	505.000	685.000	2.585	316.3
Janvier 1883	200.000	430.000	630.000	2.359	283.6
Février	245.000	505.000	750.000	2.809	285.9
Mars	340.000	480.000	820.000	3.083	220.8
Avril	413.000	467.000	880.000	3.308	253.4

Un nouveau steamer transatlantique. — On a fait le 16 mai dernier les essais officiels du nouveau steamer de la ligne Cunard l'*Aurania.* Ce navire est construit sur un type qui présente quelques différences par

rapport à celui des steamers de cette classe. C'est un vapeur de 7,500 tonneaux de jauge brute construit entièrement en acier; il n'a en longueur que huit fois la largeur, les dimensions étant : longueur entre perpendiculaires 143^{m},35, largeur 17^{m}40, creux 12 mètres[1]. C'est sur la proposition des constructeurs MM. J. et G. Thomson que la Compagnie Cunard décida d'adopter ces proportions un peu inusitées qui font de ce navire le plus large qui existe en dehors du *Great-Eastern* et elle n'a pas eu à s'en repentir; la grande largeur du navire lui donne une très grande stabilité même lorsqu'il n'est pas chargé. La disposition intérieure est faite de manière à donner des conditions de sécurité très grandes, puisqu'il n'y a pas moins de 11 cloisons étanches qui viennent toutes jusqu'au pont supérieur. Le navire fait plus que remplir les prescriptions de l'Amirauté qui exigent qu'il puisse flotter avec un compartiment plein d'eau, il peut rester à flot avec deux compartiments pleins.

L'*Aurania* a une voilure très forte qui lui permettrait de prendre une grande vitesse à la voile. La capacité des soutes est d'ailleurs telle que le steamer pourrait faire le tour du monde à une vitesse de 15 nœuds sans reprendre du charbon.

Les machines sont du type Compound à trois cylindres; le cylindre à haute pression placé au centre a 1^{m},72 et les deux cylindres à basse pression de chaque côté du premier ont 2^{m},30 de diamètre, la course commune est de 1^{m},830. La puissance développée atteint 10,000 chevaux indiqués. Les dimensions de ces machines sont intéressantes à rapprocher de celles de la *Normandie* dont les machines composées de trois appareils de Woolf ont des cylindres à haute pression de 0^{m},900 et des cylindres à basse pression de 1^{m},900 avec 1^{m},700 de course. Il a été dit à ce sujet que le type des machines de la *Normandie* avait été préféré parce qu'au-dessus de 2 mètres de diamètre pour les cylindres on n'avait plus une sécurité suffisante. Le choix du type Compound à trois cylindres pour les puissantes machines de l'*Aurania* paraît une réponse catégorique et il est certain que ce type est bien plus simple que celui de la *Normandie* puisqu'il ne comporte que trois cylindres, trois pistons, trois tiroirs, etc., au lieu d'un nombre double de ces organes.

L'*Aurania* a huit chaudières de 4^{m},57 de diamètre, en acier, avec 42 foyers ondulés de Fox; la pression de marche est de 6 kilogrammes.

Les essais à toute puissance ont été faits sur la base de Skelmorlie le 16 mai. La vitesse moyenne réalisée sur la base a été de 17 3/4 nœuds, soit 3/4 de nœuds en plus de la vitesse stipulée au marché. Quant à la vitesse maxima elle a atteint 18.7 nœuds. Le navire a quitté la Clyde pour Liverpool où il va compléter ses installations et recevoir ses appareils d'éclairage électrique avant de prendre son service sur la ligne de New-York.

Le *City of Rome* de l'Auchorline a reçu des chaudières supplémentaires

1. Les dimensions du paquebot de la Compagnie générale transatlantique *Normandie* sont : longueur 140 mètres, largeur 15^{m},20, creux 11^{m},40, jauge 6,300 tonneaux.

qui ont permis de porter la puissance développée sur ces pistons de 8,000 à 12,000 chevaux. Aussi les essais qui viennent d'être faits sur la base de la Clyde ont ils donné une vitesse de 18,5 nœuds, et pour deux des parcours une vitesse de 18,7. On sait que le *City of Rome* est un des plus grands navires à flot, ses dimensions sont : longueur 166^{m},40, largeur 15^{m},85, creux 11^{m},28.

Les télégraphes en Suisse. — Voici quelques chiffres qui indiquent le développement considérable que le service télégraphique a pris en Suisse.

ANNÉES.	LONGUEUR de fils.	NOMBRE de bureaux.	NOMBRE de dépêches.	RECETTES.	DÉPENSES.
	kilomètres.			francs.	francs.
1852....	1920	34	2.876	6.508	424.082
1860....	4104	145	312.256	488.286	439.857
1865....	5990	253	604.963	768.582	657.533
1870....	11057	546	1.664.119	1.326.818	1.203.052
1875....	15542	1002	2.965.004	2.058.211	2.047.672
1880....	16058	1108	2.842.340	2.315.463	1.842.907
1881....	16174	1139	3.120.989	2.453.972	1.963.666

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer à ce sujet que la Suisse a donné, en 1880, 972 télégrammes par 1,000 habitants contre 680 pour la Grande-Bretagne et l'Irlande, 497 pour la Hollande, 428 pour la Belgique, 334 pour la France et 283 pour l'Allemagne.

La Suisse tient également la tête pour le service postal : chaque habitant a fait, en 1880, 35,6 envois postaux, dont 21,5 lettres, 3,4 cartes postales, 7,7 colis postaux, etc., contre 35,4 pour la Grande-Bretagne, 25,2 pour les États-Unis, 15,3 pour l'Allemagne, 13,1 pour la France et 12,6 pour la Belgique.

Le procédé Thomas et Gilchrist. — Le procédé Thomas et Gilchrist pour la fabrication de l'acier est actuellement employé en Europe dans 17 usines réparties comme suit : Angleterre 1 ; France 2; Belgique 1; Allemagne 9; Autriche 3; Russie 2. Le total de la production de ces usines dans le semestre qui s'est terminé fin mars a été de 279,400 tonnes dont 57,911 en Angleterre, 5,962 en France, 12,786 en Belgique, 152,479 en Allemagne, 37,476 en Autriche et 12,786 en Russie. On peut par suite estimer à 560,000 tonnes en nombre rond la production annuelle de l'acier fabriqué au procédé basique en Europe.

Au point de vue de la qualité de l'acier fabriqué par ce procédé, on peut

citer ce fait que les aciéries de Witkowitz en Moravie ont récemment fourni des tôles pour chaudières et pour navires destinées à être soumises par le Lloyd autrichien à des essais très sévères ; il est résulté de ces essais que ces produits ont été déclarés remplir toutes les conditions requises pour l'emploi auquel ils étaient destinés.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1883.

Rapport de M. Rousselle sur le système de chauffage de M. Ancelin.

On sait que ce système, appliqué principalement au chauffage des voitures de chemins de fer, consiste dans le remplacement de l'eau des bouillottes par de l'acétate de soude qui, en se refroidissant dans les limites de la pratique de 80 à 40 degrés, dégage 1,730 calories tandis que la bouillotte à eau n'en donne que 440, de sorte que la première mettra 6 à 8 heures pour se refroidir à 70 degrés tandis que la seconde mettra 2 heures et demie.

L'application de ce procédé, si simple en théorie, a présenté quelques difficultés que l'auteur a résolues très heureusement, et on peut dire que ce système est aujourd'hui arrivé à la période de la pratique, puisqu'il est employé sur plusieurs lignes de chemins de fer.

Rapport de M. Th. du Moncel sur les travaux de M. Marcel Deprez.

Ce rapport, fait au nom du *Comité des arts économiques*, mentionne, parmi les travaux de M. M. Deprez, les études cinématiques sur les appareils de distribution à un seul tiroir, les études sur les intégrateurs et les machines à résoudre les équations, les appareils du wagon d'expériences de la Compagnie de l'Est, les appareils électriques et enfin les recherches expérimentales sur les machines dynamo-électriques.

Nous sommes loin de contester le mérite de M. Marcel Deprez, mais nous voyons avec peine figurer dans ce rapport des indications telles que la suivante :

« Un appareil de distribution, système Deprez, appliqué à une locomotive à voyageurs du chemin de fer du Nord a donné une économie de combustible (constatée officiellement) de 30 pour 100 par rapport aux machines de même type faisant le même service ; » ce fait laisserait supposer que les systèmes de distribution actuels sont absolument détestables et que le service du matériel et de la traction du chemin de fer du Nord montre une bien grande indifférence en ne faisant pas son profit d'un essai si heureux (lequel par parenthèse remonte au moins à huit années).

Nous croyons également devoir relever le passage suivant : « dans les brevets pris de 1867 à 1870 par M. Deprez, relativement à la question des distributions, figurent plusieurs appareils sans excentriques tout à fait analogues à ceux qui ont été *réinventés* depuis peu et brevetés sous le nom de Joy, Brown, etc. » Nous ne laisserons jamais passer une occasion de rappeler que le principe de tous ces appareils de distribution se trouve dans le brevet français pris en 1843 par Edouard Solms.

Nous pensons qu'un rapport émanant du comité des arts mécaniques n'eût point contenu des exagérations comme celles que nous avons cru devoir signaler et dont peut se passer le bagage scientifique très sérieux de M. Marcel Deprez.

Rapport de M. Collignon sur les **Éléments de construction des machines, de M. Canthorne Unwin.**

Il s'agit d'une sorte d'aide-mémoire dû à M. W. Canthorne Unwin, professeur de mécanique au collège Royal Indien des ingénieurs civils à Londres, traduit en français par M. J.-A. Bocquet, ancien élève de l'École centrale et chef des travaux à l'École municipale d'apprentis de la Villette.

Cet ouvrage renferme l'étude des matériaux de construction, y compris le bronze phosphoreux, celle des forces extérieures, la résistance des matériaux, les assemblages, la résistance des tuyaux, conduites d'eaux, etc., les éléments de machines, engrenages, transmissions, etc., avec un appendice de M. Leauté sur les transmissions par câbles, le tracé des engrenages et les régulateurs à force centrifuge.

Cette publication est éditée par M. Gauthier-Villars.

Culture de la truffe, du murier et de la vigne, par M. Chatin.

Études sur la **maturation des grains**, par M. Muntz.

Conférence sur la **fabrication et la décoration de la porcelaine**, faite à la Société d'Encouragement, le 21 février 1883 par M. Lauth, administrateur de la manufacture de Sèvres.

Sur le **transport de la force par l'électricité**, par M. J. Bertrand. (Article reproduit du *Journal des Savants*.)

Avril 1883.

Rapport de M. Th. du Moncel, sur le **télégraphe multiple de M. Baudot.**

On a depuis longtemps cherché à perfectionner les moyens de transmission pour multiplier le nombre des dépêches transmises. Le Morse produisait 25 dépêches à l'heure; l'imprimeur Hughes permit de porter ce nombre à 60. Les systèmes en *duplex* donnèrent 45 pour le Morse et 110 pour le Hughes. Le télégraphe automatique de Wheatstone expédiait 90 dépêches et 160 en *duplex;* le télégraphe multiple de Meyer 100 dépêches sans *duplex* et enfin le télégraphe à 4 claviers de M. Baudot expédie 160 dépêches en transmission simple et presque le double en *duplex*. Cet appareil était assez compliqué à l'origine, mais il a subi des modifications considérables et a maintenant une forme tellement satisfaisante qu'il est douteux qu'on la modifie beaucoup maintenant.

Le principe consiste à utiliser pour d'autres transmissions les temps perdus par l'intervalle de deux lettres se succédant sur la roue de l'imprimeur Hughes, et à combiner les 4 ou 6 transmetteurs destinés à l'envoi des dépêches avec un mécanisme permutateur des plus ingénieux. On peut ainsi obtenir l'impression de 4 à 6 lettres dans le même temps à peu près qu'on en obtenait une avec le système ordinaire.

Rapport de M. Bertin sur **le régulateur de lumière électrique de M. Solignac.**

C'est un regulateur pour courants alternatifs sans mécanisme dans lequel le réglage est effectué par l'action de la chaleur produite par l'augmentation de la résistance de l'arc, chaleur qui ramollit une baguette en verre laquelle laisse un ressort rapprocher les charbons; lorsque l'arc a repris sa longueur normale, l'excès de chaleur disparaissant, le verre redevient solide et arrête ces charbons.

Rapport de M. Troost sur le livre de M. Jametel, intitulé : **L'encre de Chine, son histoire et sa fabrication d'après les documents chinois.**

Note sur les **pavages en bois exécutés dans la ville de Paris,** par M. Rousselle.

Fabrication sur porcelaine du bleu au grand feu, dit bleu de Sèvres, par M. Lauth, directeur de la manufacture nationale de porcelaine de Sèvres.

État actuel de l'industrie de la soude, par M. Walter Weldon.

Lecture faite le 8 janvier 1883 devant la section londonienne de la Société de l'industrie chimique.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AVRIL 1883.

Étude sur la **situation physique et morale des ouvriers des grands chantiers**, par M. de Lagrené, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur, s'étonnant à juste raison de ne trouver dans les *Annales des Ponts et Chaussées* aucun document sur la situation physique et morale des ouvriers des grands chantiers, a réuni un grand nombre d'observations comprenant le mode de recrutement et d'engagement des ouvriers, les heures de travail, l'emploi des jours de repos, la nourriture, les vêtements, les salaires, ainsi que le budget des ouvriers de chaque espèce. Ces observations ont été faites sur les chantiers de Notre-Dame-de-la-Garenne et de Poses.

Note sur la **marche des bateaux à vapeur en courbe**, par M. Guibal, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur la **restauration du radier de l'écluse Notre-Dame** au Havre, par M. Renout, conducteur principal faisant fonction d'ingénieur des ponts et chaussées.

L'écluse Notre-Dame, qui ferme le bassin du Roi vers l'avant-port, date de 1669. Elle avait été partiellement reconstruite en 1776 et fut élargie de 3 mètres en 1835, par M. Frissart, mais la décomposition des mortiers par l'eau de mer amena à la longue des désordres assez sérieux pour compromettre la solidité de l'écluse. On dut donc, dès 1880, se préoccuper de remédier à un état de choses devenu grave.

Les travaux exécutés comprennent :

1° La reconstruction du busc en maçonnerie et le remplacement du heurtoir en charpente des portes;

2° La consolidation de la plate-forme du radier au moyen d'injections de ciment de Portland;

3° Suppression de la retraite du bajoyer gauche de l'écluse et reprise en sous-œuvre des maçonneries.

La première opération se fit avec des batardeaux volants en planches de sapin et garnis de glaise, le busc fut rétabli en maçonnerie de granit et le radier en maçonnerie de briques et ciment de Portland.

L'injection du radier avec près de 600 trous a absorbé 3,600 kilogrammes de ciment, elle a coûté 33,000 francs, ce qui met le prix du mètre carré de radier consolidé à 121 fr. 70.

Ces travaux n'ont duré que huit mois et, depuis qu'ils sont terminés, on n'a pu découvrir aucun écoulement d'eau par les joints des pierres.

ANNALES DES MINES.

6e *livraison de* 1882.

Statistique des accidents de grisou en France de 1817 à 1881 (2e fascicule), par MM. PETITDIDIER et LALLEMAND, ingénieurs des mines.

Bulletin des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur, pendant l'année 1881.

Ces accidents ont été au nombre de 29 et ont entraîné la mort de 19 personnes et des blessures à 10 autres.

Ils se divisent en : chaudières horizontales sans foyer intérieur, non tubulaires, avec ou sans bouilleurs 15, chaudières horizontales avec foyer intérieur non tubulaires 1, chaudières du même genre plus ou moins tubulaires 6, récipients 4, appareils divers 3.

Les causes des accidents sont: conditions défectueuses d'établissement 8; conditions défectueuses d'entretien 7; mauvais emploi des appareils 22. On rappelle que si le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents c'est parce que le même accident à été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

Rapport présenté au comité de l'exploitation technique des chemins de fer **au nom de la sous-commission des trains légers et économiques dits trains-tramways,** par M. HEURTEAU, ingénieur des mines.

Ce rapport donne les résultats obtenus en Allemagne et en Autriche avec les trains legers et économiques dits trains-tramways, caractérisés par une vitesse réduite, et par certaines simplifications dans leurs conditions d'exploitation.

La sous-commission est d'avis que l'administration supérieure doit faire connaître aux compagnies qu'elle est disposée à leur accorder les autorisations nécessaires pour l'établissement des trains-tramways; ces autorisations ayant pour objet :

1° D'étendre aux lignes sur lesquelles le nouveau service serait organisé le bénéfice des dispositions du décret du 20 mai 1880 relatives à la mise en circulation des voitures à vapeur, à la suppression du fourgon placé derrière la machine et à la réduction du personnel des trains.

2° De permettre l'arrêt facultatif des trains en certains points déterminés de la voie, sans installation spéciale pour prendre ou laisser des voyageurs.

3° D'alléger les trains et de simplifier leur service en autorisant la suppression d'une des trois classes, etc.

4° Enfin d'autoriser la traction des trains par des machines circulant tender en avant.

Le comité de l'exploitation technique a approuvé ce rapport et en a adopté les conclusions.

A ce rapport sont annexés des renseignements sur le mode d'organisation de ces trains en Autriche, par M. Kopp, directeur général de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, et une note sur l'exploitation secondaire de certaines lignes de chemins de fer par M. Polonceau, ingénieur en chef de la Société autrichienne des chemins de fer de l'Etat.

Nous rappellerons que, dans la Chronique de décembre 1880, nous avons indiqué les résultats obtenus dans le service secondaire sur le chemin de fer de Berlin à Gorlitz par M. Krauss. Nous donnions, à titre de comparaison, les résultats obtenus au chemin de fer de Bayonne-Biarritz dont l'organisation est sensiblement celle des trains-tramways dont il est ici question. On peut s'étonner que l'administration supérieure ait besoin pour s'éclairer de se faire renseigner sur ce qui se passe en Autriche et en Allemagne, alors que, depuis *six ans*, les conditions de service qu'elle recommande actuellement aux compagnies sont réalisées sur un chemin de fer français qui transporte annuellement 700,000 voyageurs.

Notice biographique sur M. Ernest Marié, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ancien élève externe de l'Ecole des Mines, par M. Delerue, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 5 MAI 1883.

Communication de M. MAUSSIER sur **l'homme préhistorique dans le Forez.**

Communication de M. PERRIN sur **une boussole de mines** et sur le **compas d'angle Wuillaume.**

La boussole destinée au lever des plans de mines porte un niveau à bulle d'air qui permet de la mettre bien horizontale dans le cas où la suspension à la Cardan ne suffit pas pour assurer l'horizontalité.

Communication de M. BARBIER sur **la poudre de mineur de M. Michalowski.**

Cette poudre fuse complètement lorsqu'elle brûle, soit à l'air, soit en présence d'une résistance peu considérable; sa densité est très faible, moitié de celle de la poudre de mine.

Ce produit peut se fabriquer sans danger et le transport se fait sans difficulté; la conservation est indéfinie, la force est comparable à celle de la dynamite et la combustion ne produit ni fumée ni odeur désagréable ni gaz nuisibles à la santé. La charge s'exécute comme pour la poudre noire.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

4e *livraison de* 1883.

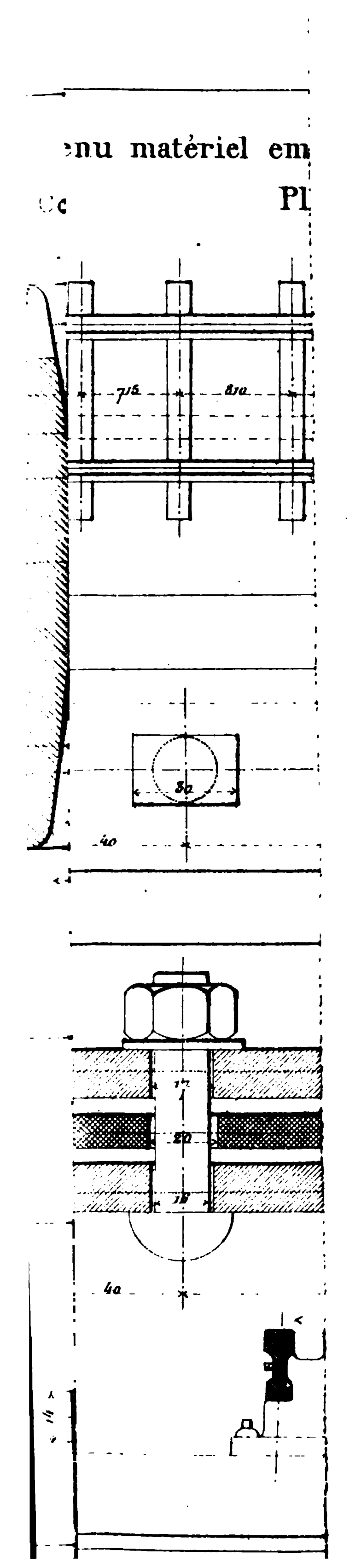
Étude sur les régulateurs de pression, par M. Hermann Fischer.
Presse pour faire les briquettes de lignite, par MM. Sachsenberg frères.
Machine Compound sans condensation, par C. Daevel.

Répartition des flammes dans les fours à gaz, par A. de Boischevalier.
Extraction du sucre des mélasses de betteraves, par R. Schöttler.
Machines à deux cylindres à dépense de vapeur réduite par R. Werner.
Machines à travailler le bois, par Perin Panhard et Cie, Warssam et Cie, etc.
Transmissions par câbles.
Transmissions par bielle et manivelle.
Fours à régénération, par Albert Pütsch.
Exploitation des mines.
Étude sur l'exposition d'appareils fumivores à Londres, en 1882.
Correspondance : Distribution des machines à vapeur.
Machine Compound du puits Mayrau.
Chemins à câbles et chemins à crémaillère.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

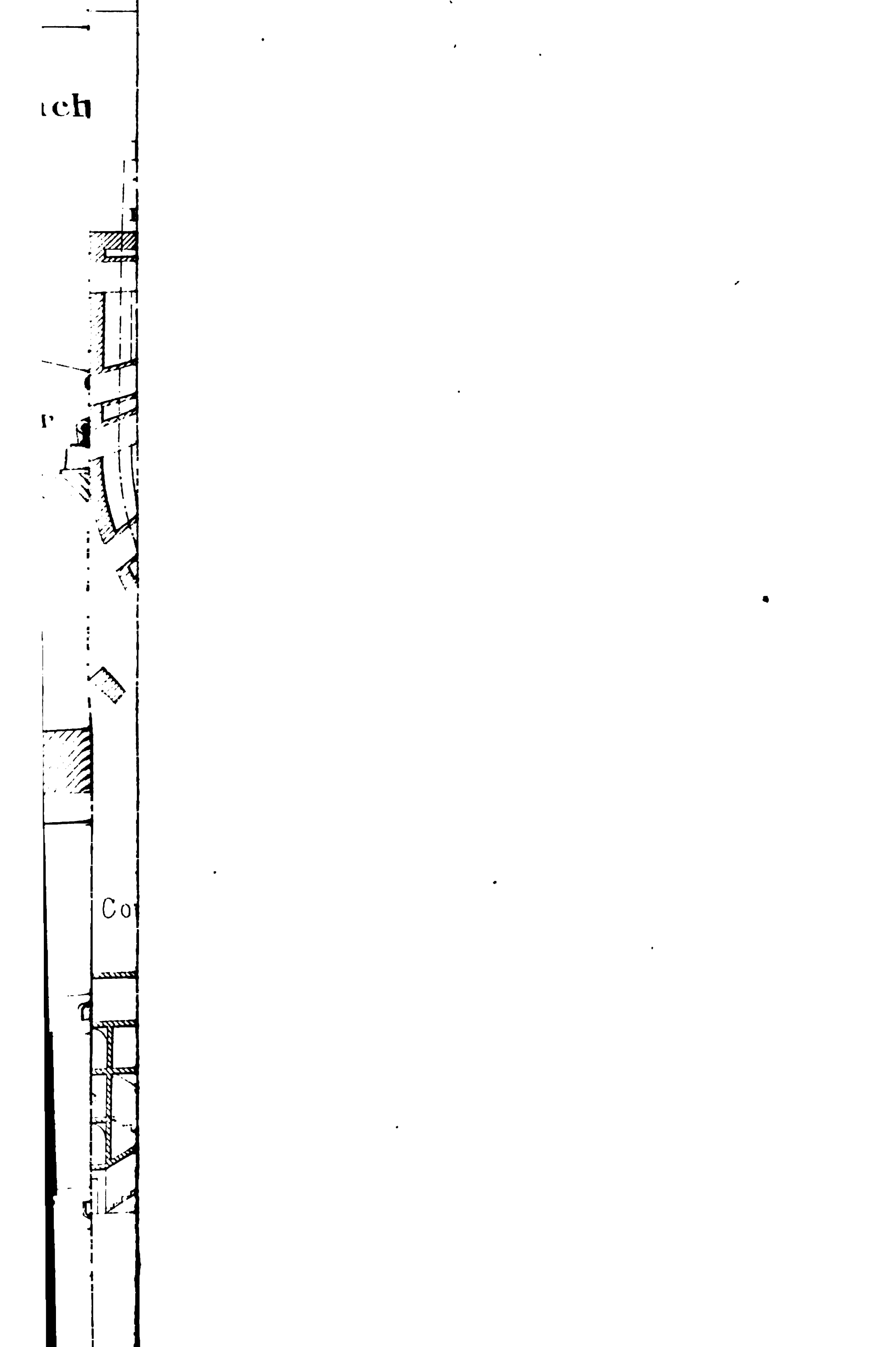

enu matériel em
Pl
75
810
80
40
17
20
18
40
14

A

B

C

b


Co

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1885

N° 6

Pendant le mois de juin, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Thermodynamique résumée*, par M. Viry (séance du 1er juin, page 756).

2° *Exposition Nationale de Zurich*, par M. Mallet (séance du 1er juin, page 757).

3° *Propriété industrielle* (*Convention internationale pour la*), par M. Barrault (séance du 1er juin, page 757).

4° *Tunnel sous la Manche*, mémoire de M. Colladon présenté par M. Douau (séance du 1er juin, page 759).

5° *Mines d'argent du Névada* (États-Unis), par M. C. Durand (séance du 1er juin, page 761).

6° *Exposé de la situation financière de la Société*, par M. le Trésorier (séance du 15 juin, page 766).

7° *Ascenseurs hydrauliques pour canaux*, par M. Seyrig (séance du 15 juin, page 768).

8° *Épuration des eaux des appareils à vapeur*, par M. Closson (séance du 15 juin, page 771).

9° *Métropolitain de Paris* (*Discussion sur le*) (séance du 15 juin, page 775).

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

De M. Colladon, membre de la Société, un résumé historique des *Études géologiques et des Travaux d'exécution entrepris en France et en Angleterre de* 1865 *à* 1883 *pour l'exécution du tunnel sous la Manche.*

De M. Albert Gaudry, membre de l'Institut, un exemplaire de son ouvrage sur les *Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques fossiles primaires.*

De M. Badon Pascal, membre de la Société, un exemplaire de sa conférence sur l'*Assurance sur la vie et sur l'assurance des ingénieurs.*

De M. Viry, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Thermodynamique.*

De M. Brissonneau, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur son *Moulin à cannes à pression multiple.*

De la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans : 1° un exemplaire de sa note sur le *Matériel exposé à l'Exposition philomatique de Bordeaux;* 2° un exemplaire du *Compte rendu des opérations du service du matériel et de la traction, année* 1882.

De M. Grimault, membre de la Société, un exemplaire du *Rapport de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris à MM. les Présidents et Membres de la Chambre de commerce de Paris.*

De M. de Coene, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur l'*Organisation d'un syndicat pour l'amélioration du port du Havre, de la Seine maritime et des ports de la Seine.*

De M. le Ministre des Travaux publics : 1° un exemplaire de l'ouvrage de M. Félix Lucas, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur les *Chemins de fer de l'Italie;* 2° un exemplaire de l'*Album de statistique graphique de* 1882; 3° un exemplaire de l'*Enquête sur les moyens de prévenir les accidents des chemins de fer* 1879-1880.

De M. Fougerousse, un exemplaire de sa brochure intitulée : *La Mine au mineur, monographie des mines de Rancié* (*Ariège*).

De M. André Ch., membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur les *Compteurs d'eau.*

De M. Léon Malo, membre de la Société, une note sur les *Maçonneries asphaltiques.*

De M. Lavalard, membre de la Société, un exemplaire de ses rapports sur les *Opérations du service de la cavalerie et des fourrages de la Compagnie générale des Omnibus.*

De M. Javal, membre de la Société, une analyse de l'ouvrage de M. Gaudry-Albert (*Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques fossiles primaires*).

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Auberjon (d'),	présenté par MM.	Berthon, Guitton et des Tournelles.
	Daydé,	—	Hallopeau, Le Brun et Parent L.
	Deneubourg,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Hillairet,	—	Peligot, Ser et Tresca Henri.
	Lambert,	—	Chevalier Em., Chevalier A. et Rey.
	Lemut,	—	Badois, P. Dubos et Lotz Brissonneau.
	Marguerite Dela-charlonney,	—	Bonnataire, Cotard et Fichet.
	Morel,	—	Carimantrand, Marché et Sévérac.
	Pillé,	—	Hallopeau, Le Brun et Parent L.
	Toussaint,	—	Barba, Bouvard et Rubin.

Comme Membres associés :

MM.	Grimault,	présenté par MM.	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Leblanc,	—	Marché, Tresca H. et Tresca A.
	Verdière,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1885

Séance du 1er Juin 1883.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 mai est adopté.

M. le Président fait connaître le décès de M. Jouve René.

M. le Président fait ensuite part de la nomination de M. S. Jordan comme commandeur de l'Ordre du Mérite scientifique de S. Thiago (Portugal).

M. Seyrig, absent lorsque M. Badois a présenté, dans la dernière séance, la communication de M. Harrand sur les ascenseurs pour canaux, demande à présenter quelques observations, sur cette communication, dans la prochaine séance.

M. le Président annonce que la Société a reçu de M. Viry, ancien répétiteur de mécanique à l'École centrale, professeur de mécanique à l'École normale spéciale de Cluny, membre de la Société, une brochure sur la *Thermodynamique résumée*.

Notre collègue Viry avait déjà publié un premier volume fort intéressant sur les principes fondamentaux de la Thermodynamique.

Dans ce nouveau mémoire, il nous donne, sous une forme très simple et très ingénieuse, en considérant, au lieu du cycle de Carnot, d'autres cycles élémentaires convenablement choisis, l'ensemble des formules fondamentales relatives aux changements de volume et aux changements d'état, formules qui résument toute la théorie thermodynamique.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante :

« Mon cher Président,

« Me trouvant dans l'impossibilité d'être de retour pour la séance de vendredi, je désire vous faire connaître que j'ai pu faire une courte visite à l'exposition nationale suisse de Zurich. Cette exposition a une importance qu'on ne pouvait soupçonner et il ne lui manque véritablement que d'être plus connue.

« Parmi les objets qui se rapportent à notre profession, je puis citer les matériaux de construction, des produits métallurgiques qu'on est réellement étonné de rencontrer, les modèles et dessins des grands travaux exécutés depuis quelques années, ponts, chemins de fer, tunnels, corrections de rivières, etc., une splendide galerie de machines, dont beaucoup en mouvement, entre autres, les machines et chaudières Sulzer, Escher Wyss, etc., un atelier complet de perforatrices en fonctionnement, du matériel fixe et roulant de chemin de fer, entre autres trois locomotives, des wagons, des voitures de tramways, etc. Si quelques-uns de nos collègues avaient le désir de visiter cette exposition, ils sont assurés de trouver auprès du correspondant de notre Société, M. Paur, et de notre collègue M. Albert Schmidt, dont l'exposition est, entre parenthèses, des plus intéressantes, l'accueil le plus cordial et le plus empressé.

« Veuillez agréer, mon cher Président, l'expression de mes sentiments dévoués.

« Mallet. »

La parole est donnée à M. Barrault pour sa communication sur la convention internationale pour la propriété industrielle conclue à Paris le 20 mars 1883, il s'exprime ainsi :

« Mes chers collègues, j'entre immédiatement en matière, sans m'arrêter à vous faire ressortir, dès le début, les conséquences de cette convention, qui est d'une importance capitale pour tous, mais qui a surtout pour nous, ingénieurs, un intérêt considérable. Elle est le résultat d'une série de travaux entrepris en 1873, au moment de l'exposition de Vienne, et continués ensuite avec l'aide d'un certain nombre de nos collègues.

« En 1878, une commission permanente internationale fut nommée, elle a commencé à fonctionner sous la présidence de M. le sénateur Bozérian dans le but d'arriver à établir un texte de convention, constituant, pour la propriété industrielle, une union semblable à celle qui est intervenue pour les postes et les poids et mesures.

« Cette convention, signée le 20 mars 1883, est aujourd'hui un fait accompli et elle doit être ratifiée dans l'année, c'est-à-dire que le 20 mars 1884 cette

ratification sera effectuée et amènera des résultats d'une importance considérable pour tous, mais surtout pour l'ingénieur civil. »

M. Barrault donne ensuite l'énumération des puissances qui ont signé la convention en se constituant à l'état d'union, et il explique l'absence motivée de l'Allemagne et l'adhésion promise de l'Angleterre et des États-Unis; il passe ensuite au commentaire des différents articles de la convention internationale, commentaire qui sera publié *in extenso* dans le *Bulletin* de la Société.

Après avoir exposé, article par article, l'étude détaillée de la convention internationale du 20 mars 1883, M. Barrault fait ressortir l'importance capitale résultant pour la France des modifications que cette convention va forcément amener dans la législation française de 1844, relative aux brevets d'invention, puis il indique que deux pays signataires de ladite convention, la Suisse et la Hollande, qui n'ont pas encore de législation relative aux brevets, vont se trouver dans l'obligation d'étudier, et cela dans la période d'une année, une loi traitant de la matière; il fait ressortir toute l'importance de cette résolution pour le commerce européen en général, et pour la France en particulier, puis il esquisse à grands traits les conditions psychologiques dans lesquelles se trouvent placés les êtres humains; il montre l'inégale répartition, dans chaque individu, des diverses capacités intellectuelles, et, s'arrêtant plus particulièrement aux inventeurs, il parle de leur incapacité générale en matière d'affaires. Enfin, par quelques exemples bien choisis, il indique clairement que pas un inventeur n'aurait su retirer un profit sérieux de ses inventions, s'il n'avait eu, à côté de lui, un manufacturier, un industriel, un ingénieur ou un administrateur, pour exploiter ses découvertes et pour être le complément de ces intelligences d'élite.

« C'est, dit-il, le rôle de l'ingénieur civil, d'être le guide des inventeurs, de les empêcher de s'égarer dans les abstractions où les entraînerait trop souvent leur esprit inventif, de les ramener dans la voie de la pratique dont ils s'éloignent toujours trop facilement. »

M. Barrault termine en insistant sur la très grande importance de la convention qu'il vient d'exposer. A mesure que les événements se présenteront il se réserve de revenir sur ce sujet.

M. Armengaud jeune, dit qu'il partage sans réserve les opinions que M. Barrault vient d'exprimer dans sa très remarquable communication. Personne, à son avis, n'était mieux autorisé que lui à rendre compte ici des travaux de la conférence diplomatique pour la protection de la propriété industrielle. Si, en effet, c'est à notre collègue, M. Ch. Thirion, qu'est due l'initiative du congrès qui s'est réuni pendant l'exposition de 1878 pour discuter ces importantes questions, M. Barrault est, parmi les ingénieurs et les jurisconsultes spécialistes qui ont pris part aux discussions de ce congrès, un de ceux dont l'esprit lucide et la parole persuasive ont le plus contribué à faire adopter les dispositions fondamentales sanctionnées par la convention. Une meilleure occasion ne pouvait donc s'offrir pour rendre hom-

mage à l'intervention si efficace de notre collègue, à qui l'on doit en grande partie les résultats obtenus.

M. Armengaud croit devoir insister sur une observation importante : c'est que la convention internationale, dont on vient de faire ressortir les avantages considérables pour les inventeurs, est un fruit de l'exposition de 1878, qui elle-même avait engendré le congrès d'où est née la conférence diplomatique. De même l'exposition d'électricité, en 1881, aura pour heureuse conséquence une entente pour l'adoption des unités électriques et un traité pour la protection des câbles sous-marins. On voit donc que les expositions, outre l'émulation qu'elles impriment aux industriels, laissent des traces durables par les améliorations qu'elles apportent dans les lois internationales,

Aujourd'hui même, les journaux annoncent qu'une démarche vient d'être faite, par plusieurs députés, près de M. le Ministre du commerce, pour projeter à Paris une exposition universelle en 1889, à l'occasion du centenaire de notre grande Révolution. Si, comme on peut le prévoir, un nouveau congrès se tient à cette époque pour élaborer les questions de la propriété industrielle, il faut souhaiter qu'il ait pour résultat, de simplifier encore les formalités imposées aux inventeurs, pour s'assurer la propriété de leurs œuvres.

En réalité, le brevet n'est-il pas un contrat passé entre l'inventeur et la société, l'une des parties faisant connaître sa découverte pour que l'autre partie lui en reconnaisse la jouissance exclusive et temporaire, afin d'en profiter elle-même dans toute sa plénitude, à l'expiration du privilège? Et, n'est-il pas rationnel de désirer que ce contrat, une fois dressé selon les prescriptions légales dans un pays, puisse être valable dans tous les pays ?

En un mot, c'est la question du *brevet unique et général* qu'il faudra poser au Congrès de la propriété industrielle en 1889, et, si ce but est atteint, l'exposition, où la France conviera le monde entier, justifiera une fois de plus le but de ces grandes entreprises, qui est de resserrer les liens des peuples et de les acheminer vers la paix universelle.

M. le Président remercie M. Barrault de sa communication en ajoutant que nous savons tous quelle part considérable il a eu dans l'élaboration de la Convention et combien est grande son autorité dans ces questions à l'étude desquelles il s'est depuis longtemps consacré.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Colladon sur le tunnel sous-marin de la Manche.

M. le Président annonce que notre vénérable collègue nous a envoyé un mémoire complet sur l'historique et les travaux du tunnel sous-marin. Il prie M. Douau de donner lecture de ce mémoire, que M. Colladon tenait à présenter à la Société le plus tôt possible, en raison même de la situation actuelle de la question du tunnel. (Ce mémoire sera d'ailleurs inséré *in extenso* dans le *Bulletin*.)

M. Douau demande toute l'indulgence de l'assemblée pour la communication, ou plutôt, le résumé qu'il doit faire. Le mémoire de M. Colladon est arrivé seulement aujourd'hui à la Société : le temps a fait défaut pour l'étudier comme il convient.

M. Douau ajoute que c'est pour lui un grand honneur de servir de porte-parole à l'ingénieur éminent qui a été le maître d'un grand nombre d'entre nous; il analysera ce mémoire, très complet, qui nous donnera les renseignements les plus détaillés sur ce qui a été fait, et dans lequel nous trouverons des indications, tant au point de vue géologique qu'au point de vue des sondages et des travaux préparatoires.

Dans la première partie de son travail, M. Colladon fait le résumé historique des travaux entrepris, en Angleterre et en France, de 1866 à 1883.

Il est bon de rappeler qu'une série de projets ont été présentés depuis longtemps sur le tunnel sous-marin. La première idée de ce tunnel est bien française : elle est due à M. Mathieu, ingénieur des ponts et chaussées, qui, en 1802, avait proposé un projet d'établissement d'une route carossable sous-marine entre la France et l'Angleterre. Mais, depuis, bien des événements se sont passés, et ce n'est guère qu'en 1866 que remonte l'étude réelle et sérieuse de la question.

Telle est la première convention faite, et mise en vigueur, elle a été exécutée au pied de la lettre.

Viennent ensuite des renseignements sur les travaux de sondage exécutés tant en France qu'en Angleterre. Vous savez que la question a déjà été présentée à la Société des Ingénieurs civils par M. Lavalley, en 1876; il est donc inutile d'insister très longuement sur ce point.

A la suite des considérations sur les conditions géologiques dans lesquelles on se trouve placé, M. Colladon passe à l'examen des appareils de sondage employés dans le Pas-de-Calais, et dus à sir John Hawkshaw et à l'ingénieur Brunel.

M. Colladon indique de quelle manière les sondages ont été faits :

La Société française a fait, à deux kilomètres de Sangatte, des installations qui prouvent qu'elle avait l'intention bien arrêtée de poursuivre les travaux.

Un premier puits de 2m,50 de diamètre a été foncé, puis un autre de 5m,40 à l'intérieur du carrelage.

M. Douau a eu l'occasion d'aller à Calais et de parcourir les chantiers; on trouve une installation remarquable à tous égards et on se rend immédiatement compte des difficultés rencontrées dans les travaux préparatoires.

Il y a des différences parfois considérables entre les indications premières fournies par les géologues et celles qui résultent des données de l'expérience. Ainsi dans la galerie d'avancement, en suivant une cote donnée à l'avance, on est arrivé à un moment à s'enfoncer rapidement dans la couche du gault; il a fallu remonter le niveau pour se retrouver dans la couche supérieure de craie et éviter les éboulements. On a mis près de deux ans à creuser le puits; les quantités d'eau ont été considérables, puisque, à

85 mètres de profondeur, on rencontrait des masses d'eau de 7,000 litres à peu près par minute.

Aujourd'hui on n'a plus qu'un écoulement de quelques litres, à la partie inférieure. La question de l'eau est des plus importantes. Si l'on compte seulement sur un litre par mètre courant et par minute, cela fait 17,000 litres par minute, pour la partie française; c'est une quantité d'eau considérable à enlever par des machines d'une manière continue.

Il y a une grande distinction à faire entre les travaux exécutés à la côte française et ceux de la côte anglaise. A Sangatte on trouve l'installation définitive, avec machines à vapeur et compression d'air; tout est parfaitement outillé.

Sur la côte anglaise, au contraire, il ne reste que des hangars ou abris en bois, et un outillage qui ne saurait servir à poursuivre l'exécution d'une galerie continue d'avancement.

Nous trouvons ensuite des indications très intéressantes que nous signalerons seulement : ce sont celles relatives aux études de canalisation d'air comprimé et à l'emploi de cet air lui-même. Vous connaissez la pratique et la compétence de M. Colladon dans ces questions; il a employé ce système au mont Cenis, au Gothard, et il s'en est préoccupé pour cette question du tunnel sous la Manche. L'auteur indique les travaux faits dans cet ordre d'idées; et on trouvera, dans le Mémoire, des renseignements utiles à consulter.

M. Colladon décrit la machine du colonel de Beaumont, puis celle établie par M. Brunton. Les différences entre les deux sont essentielles : l'une agit comme un véritable rasoir, en grattant la surface du front de taille et l'autre fonctionne par petits chocs; si vous vous rappelez la communication faite ici même par M. Crampton, vos souvenirs vous serviront très bien pour pouvoir vous rappeler les caractères généraux de ces deux types.

On arrive enfin à la conclusion de tout ce travail considérable, nous ne pouvons que nous y associer d'une manière formelle; M. Colladon s'exprime en effet ainsi :

« Est-il possible d'admettre qu'après huit années d'approbation et d'encouragement tacites accordés en vue de l'exécution d'un tunnel international projeté et lorsque des espérances si légitimes ont été suscitées par la réussite de travaux aussi considérables et moyennant la dépense de plusieurs millions, un gouvernement puisse interposer subitement son veto, sans qu'aucun événement matériel soit intervenu, pour fournir un motif quelconque à ce recul? »

M. C. Durand donne ensuite communication de sa note sur les mines d'argent du Névada (États-Unis), et sur les exploitations du Comstock (Virginia city).

Vers 1860, quelques mineurs californiens traversèrent la Sierra et arri-

vèrent sur le versant est, dans la région, alors déserte, formée de plateaux élevés qui s'étendent jusqu'aux montagnes Rocheuses.

Ce pays, peuplé de quelques indiens Washœ, appartenait aux Mormons, qui avaient quelques fermes isolées dans la fertile vallée du Carson.

Les mineurs s'établirent dans un ravin et exploitèrent d'abord des graviers aurifères. Puis les affleurements d'une veine puissante attirèrent leur attention; des Mexicains et des Chiliens s'établirent dans le voisinage et l'exploitation des minerais d'argent commença; des envois importants de minerais furent faits à San-Francisco, malgré les grandes difficultés du transport à travers les montagnes, et la richesse des gisements fut établie sans le moindre doute.

Les travaux permirent de reconnaître que les affleurements s'étendaient sur une longueur de près de 8 kilomètres, depuis le ravin, au nord, siège des premières exploitations de graviers aurifères, où se trouve aujourd'hui la mine appelée Sierra-Nevada jusqu'à Gold Hill, où le filon se bifurque pour se continuer vers Silver City et le long du chemin de fer.

Dès l'abord, les premières recherches ne révélèrent pas la nature du gisement dont l'immense masse semblait former un corps isolé.

Aujourd'hui, il n'est pas douteux que l'on se trouve en face d'un véritable filon.

Les affleurements sont situés à 500 mètres au-dessus des plaines avoisinantes formées, sauf la vallée du Carson, de déserts de sable.

Ce filon d'une puissance variable, généralement supérieure à 30 mètres, se dirige du nord au sud et plonge à l'est, sous un angle d'environ 45°; il semble appuyé, à l'ouest, sur le massif dioritique du mont Davidson.

A l'est se trouvent des roches trachytiques variées, propilites et andésites.

La venue des trachytes andésites est contemporaine des dernières périodes tertiaires. Elle a été probablement accompagnée de puissantes et longues actions hydrothermales qui se sont fait jour par le plan de contact entre les diorites et les propilites, et qui ont attaqué et décomposé les roches avoisinantes en remplissant les fissures de quartz, mélangé de minerais précieux.

La masse composée de quartz blanc grisâtre, quelquefois teinté de rose, est fortement cristalline, grenue, fragile et très souvent broyée; elle contient quantité de géodes et petits cristaux; elle n'a pas la structure rubannée habituelle des filons.

Les roches feldspathiques ont été très fortement attaquées mécaniquement et chimiquement; des veines de porphyre, de nombreux lits d'argile se rencontrent dans les travaux; les pyrites de fer sont disséminées partout, aussi bien dans la veine que dans les diorites, les porphyres et les roches avoisinantes.

La chaleur, dégagée par les décompositions lentes, produit dans toute la mine une température très élevée, et dans les endroits où la ventilation est insuffisante, elle occasionne de grandes difficultés de travail.

Dans la masse quartzeuse, sont disséminées des mouches d'argent et d'or à l'état natif, du sulfure d'argent, un peu de chlorure et des sulfures complexes, de la galène, de la blende et des pyrites de fer et de cuivre. Les beaux cristaux et échantillons métalliques sont rares, presque inconnus.

Dès l'origine, les résultats donnés par ces mines, notamment par l'Ophir, le Hale et Norcross, le Gould and Curry, le Chollar et par toutes les mines de la partie centrale, ont été considérables.

Bien des moyens ont été employés pour le travail des minerais, y compris le procédé du Patio, mais en somme le seul procédé que l'on ait conservé est celui de l'amalgamation, simplement précédé d'un broyage sous les pilons. Les additions de sel marin, de sulfate de cuivre, d'amalgame de sodium ont été essayés, car malgré tous les soins, le rendement n'est que de 60 à 70 pour 100, et de grandes richesses restent dans les résidus du traitement.

La masse d'argent et d'or extraite a été considérable jusqu'en 1878, époque à laquelle les résultats sont devenus médiocres et ont cessé de payer les dépenses. Dans la période antérieure, les métaux précieux avaient été extraits pour une valeur de près de 1 milliard et demi de francs et de splendides dividendes avaient été payés par les diverses compagnies.

La profondeur de la mine atteint maintenant 750 mètres.

Les procédés d'exploitation sont plus perfectionnés que partout ailleurs. Les trous de mine ne se percent qu'à l'aide de l'air comprimé et de machines à percussion. L'exploration des roches en avant du front de taille étant de toute nécessité, se fait à l'aide de perforatrices à diamants, système Leschot. Malheureusement cette exploration, en donnant aux directeurs la possibilité de prendre des échantillons en avant du front de taille, les met à même de spéculer, à coup sûr, au grand détriment des actionnaires.

Les puits d'extraction, verticaux ou inclinés, sont rectangulaires, à 3, 4 ou 5 compartiments. Ils sont soutenus par de fortes charpentes.

Les câbles plats, d'abord employés, sont, depuis dix ans, remplacés par des câbles ronds qui s'enroulent sur d'immenses tambours côniques, mis en mouvement par des machines Corliss de 500 à 600 chevaux. Les pompes sont actionnées par des machines de 800 à 1,000 chevaux (système Compound, à cylindres superposés); les tiges des pistons sont attelées directement aux tiges des pompes, ou, pour mieux dégager le puits, à un balancier placé dans une fosse latérale.

Malgré ces moyens puissants, et auxquels bien des compagnies ont dû avoir recours, certaines mines sont quelquefois inondées pendant de longues périodes, et cette inondation constitue certainement la plus grande difficulté de l'exploitation.

La plupart des mines communiquent aujourd'hui avec le Sutro tunnel. Cette galerie, qui a coûté près de 80,000,000 de francs, coupe la veine à une profondeur de 570 mètres, et à ce niveau, eau, débris et minerais peuvent être évacués sur la vallée du Carson, où sont situées la plupart des usines de broyage et d'amalgamation.

Le seul combustible employé est le bois de sapin, que la Sierra fournit à un prix raisonnable, 7 à 8 dollars la corde (128 pieds cubes).

Les bois utilisés, en quantités immenses, au soutènement des cavités produites par l'extraction des minerais, nommés Bonanzas, sont aussi des sapins amenés, depuis les ravins les plus reculés de la Sierra jusqu'à la vallée du Carson, par un système de canaux en bois dont la section en forme de V est simplement suffisante pour contenir une pièce de bois, et dans lesquels le courant, très rapide, est alimenté par des ruisseaux captés et amenés dans des réservoirs.

Le long des canaux, des surveillants veillent à ce que les pièces ne s'accrochent pas contre les parois et n'obstruent pas le passage. Un transport actif est ainsi obtenu presque sans frais.

Une ligne de chemin de fer à grande section, réunit les mines et la ville de Virginia city au Central Pacific, à la station de Reno.

Cette ligne sert aussi à porter les minerais aux usines; ces minerais, tombant directement, des boîtes de réception à la mine dans des wagons à fonds mobiles, sont déchargés à l'usine dans des couloirs conduisant sous les pilons.

Dans quelques cas les pilons broyeurs sont placés près de la mine et le minerai broyé ou *pulpe*, mélangé d'eau, est envoyé aux usines par des conduites souterraines.

Les usines sont toujours installées sur un terrain incliné et le minerai tombe successivement des pilons, aux bassins de dépôt, aux amalgamateurs et aux concentrateurs (s'il en existe) et enfin, aux étangs ou ravins servant à l'évacuation des résidus (tailings).

Toutes ces installations sont, comme le matériel d'extraction, montées sur une échelle considérable, très bien organisées et pourvues des derniers perfectionnements, sauf en ce qui concerne les appareils servant à la concentration des minerais qui sont à la vérité très rudimentaires.

Les pilons en fer sont exclusivement adoptés pour le broyage, qui n'est pas poussé très loin. Les amalgamateurs, faisant fonction de véritables broyeurs, terminent l'opération.

On a dit que les lingots d'argent obtenus contenaient de l'or pour la moitié de leur valeur environ.

Ces mines ont donné une énorme quantité de minerai. Dans les périodes de pauvreté comme dans celles de richesse, le filon n'a jamais été perdu, il s'est toujours maintenu avec la même puissance, mais le minerai s'y trouve très irrégulièrement disséminé et concentré en masses énormes, quelquefois de 80 à 100 mètres de largeur.

De tels corps de minerai (Bonanzas), fournissent quelquefois pendant des années à des extractions quotidiennes de 500 à 600 tonnes; la tonne vaut en moyenne 600 francs.

Un certain nombre de mines, surtout vers le centre, très riches lors de la découverte des gisements, ont traversé une longue période de pauvreté. Puis vers 1871, au moment où, à bout de ressources et de courage, on pensait à les

abandonner; de grandes découvertes furent faites dans le Belcher et le Crown-point. Les sénateurs des États-Unis, Jones et Sharon, en ont tiré leurs grandes fortunes. Ces mines sont redevenues pauvres et sont actuellement travaillées en régie.

Peu après, et d'une façon non moins imprévue, fut découverte l'énorme masse de minerai du Consolidated Virginia qui a fait la fortune de la société : Mackay, Fair, Flood et O'Brien.

En général, ces mines, malgré leurs grandes richesses, ont peu servi, soit au pays, soit à leurs actionnaires.

En 1869, un incendie considérable éclata soudainement dans la mine « le Yellowjacket » : le feu s'étendit aux mines voisines et causa presque la ruine des exploitations. Des discussions survenues entre deux spéculateurs revélèrent que le feu avait été mis par l'un d'eux, qui avait eu connaissance de grandes découvertes dans les mines et qui comptait ainsi déprécier les actions pour les racheter. Aux magnifiques résultats donnés par le Consolidated-Virginia et quelques mines voisines en 1874, 1875 et 1876, ont succédé des rendements très médiocres : peu d'exploitations payent leurs dépenses, mais les travaux et les recherches continuent toujours malgré les frais causés par la profondeur des travaux, la chaleur, les inondations.

De grands perfectionnements ont été apportés dans la façon de travailler; les prix de main-d'œuvre et d'approvisionnement ont sensiblement baissés, la population et la culture ont augmenté. Aussi, de nouvelles découvertes rendraient aussitôt une grande valeur à ces mines, les plus riches certainement qui aient jamais été exploitées.

Les difficultés considérables de l'exploitation, l'irrégularité de distribution des masses métalliques, puisque certaines mines très profondes n'ont jamais rencontré de minerai, constituent toutefois un aléa qui rendrait téméraire les prévisions d'avenir.

M. le Président remercie M. Durand de sa communication.

Il est ensuite donné lecture de la note de M. Piccoli sur le feu dans les théâtres, note qui sera insérée dans un prochain Bulletin.

MM. Daydé, Deneubourg, Hillairet, Lambert, Lemut, Marguerite-Delacharlonny, Morel, Picard, Pillé et Toussaint ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures moins le quart.

Séance du 15 Juin 1883.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er juin est adopté.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. Loustau, trésorier, donne communication de l'Exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 15 décembre 1882, de.	1984
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, pendant le 1er semestre 1883, de.	83
Ce qui nous donne un total de.	2067
dont il y a à déduire, par suite de décès, pendant ce semestre.	16
Nombre total des Sociétaires au 15 juin 1883.	2051

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1883 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, amendes, vente de mémoires, annonces).	43,865 94	49,265 94
2° Pour le fonds social inaliénable (9 exonérations).	5,400 »	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .		43,766 »
Total de ce qui était dû à la Société.		93,031 94

Au 15 décembre 1882, le solde en caisse était de.	15,279 30		64,545 24
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1883, se sont élevées à.	49,265 94		

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses (contributions, assurances, intérêts de l'emprunt, appointements, impressions, affranchissements, etc.).	34,606 »		41,109 30
2° Pour achat de 15 obligations du Midi, au porteur, sur le fonds courant.	5,503 30		
3° Remboursement de 2 obligations (capital inaliénable).	1,000 »		
Il reste en caisse à ce jour.			23,435 94

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante à la date du 15 juin 1883.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	14,220 72
2° De 216 obligations du Midi, ayant coûté.	75,828 19
Total du fonds courant.	90,048 91

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces..		9,215 22	267,422 12
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.		6,000 »	
3° Un hôtel dont la construction a coûté.	278,706 90	252,206 90	
sur lequel il reste dû.	26,500 »		
Total de l'avoir de la Société.			357,471 03

Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

Il est procédé au tirage des quinze obligations, que le Comité a décidé, conformément à la proposition de M. le Trésorier. MM. Loustau, Deghilage et Siméon sont désignés pour assister aux opérations du tirage de ces obligations. Les obligations portant les numéros 23 — 38 — 45 — 49 — 58 — 90 — 107 — 125 — 148 — 151 — 153 — 157 — 176 — 177 et 180 ont été extraites de la roue et seront remboursées.

M. le Président propose de voter des remerciements à notre dévoué Trésorier qui prend tant de soins des intérêts de la Société ; ces remerciements sont votés à l'unanimité.

La parole est donnée à M. *Seyrig* qui avait demandé à présenter quelques observations au sujet du compte rendu de la communication de M. Harrand, sur les ascenseurs hydrauliques.

M. Seyrig estime que la question des ascenseurs hydrauliques pour canaux, résumée par M. Badois dans la séance du 18 mai, est assez importante pour y revenir. L'avenir de ces appareils paraît assez grand aujourd'hui pour qu'on les étudie avec soin et pour qu'on cherche à se rendre compte si le seul d'entre eux qui existe actuellement est à imiter en tous points, ou s'il n'y a pas autre chose à chercher. Il demande à insister sur certaines considérations qui méritent d'être mises en relief, et sur lesquelles le compte rendu de la séance, où cette question a été traitée, ne dit pas assez ce qu'il en est.

L'accident arrivé à l'ascenseur d'Anderton aurait pu être beaucoup plus grave, et il faut attribuer à un concours de circonstances heureuses qu'on n'ait pas eu plus de dégâts à regretter. Lorsque le sas s'est dérobé par la rupture du corps de presse, une faible portion du bief supérieur s'est vidée sur lui. Cette chute d'eau aurait facilement pu faire coincer le sas et entraîner, par conséquent, la destruction du guidage qui consiste en colonnes en fonte, dont l'entretoisement est très léger. Si la petite portion de bief ainsi vidé eût été plus grande, on aurait eu une chute d'eau de 13 mètres de hauteur, dont la puissance vive est facile à connaître, et dont les effets destructifs sont évidents. La fermeture brusque de la porte terminant ce bief pouvait elle-même offrir quelque danger, si elle s'était faite une fois la chute établie.

L'élément principal de la construction, dans tout ascenseur, est le piston et la presse hydraulique. Or, habituellement, cette presse est en fonte. A Anderton elle a 970 millimètres environ de diamètre, et travaille à 2 kil. 5 de tension par millimètre carré sous 37 à 38 atmosphères de pression.

Si l'on emploie la même matière avec un diamètre de 2 mètres, on arrive à des épaisseurs de 140 à 180 millimètres de métal. Dans ces conditions, on ne doit accorder à la fonte qu'une confiance extrêmement minime. Dans son projet pour les Fontinettes, M. Duer (qui a établi l'appareil d'Anderton sur le projet de M. Clark) propose l'emploi de presses en acier, bien que leur diamètre ne dépasse pas 850 millimètres. Il partage donc, semble-t-il, la même crainte à l'égard de la fonte.

Le piston offre, évidemment, une beaucoup plus grande sécurité que le corps de presse. Mais n'y a-t-il pas quelque réserve à faire aussi à l'égard d'une pièce de 20 mètres de longueur qui porte, à elle seule, un poids de 1,000 tonnes et davantage? Si encore les extrémités de cette pièce ou du sas, auquel elle est reliée, étaient bien guidées? Or, le sas est une pièce longue dans le sens horizontal, dont le mouvement est transversal à sa longueur, et qui n'a à ses extrémités que des guidages d'une faible hauteur. On connaît la condition d'un bon guidage, qui est d'avoir les points

guidés aussi distants que possible dans le sens du mouvement. A Anderton, c'est l'inverse qui a lieu, ce qui facilite par conséquent beaucoup les coincements. Aussi, M. Duer, dans son projet, avait-il rapproché les guidages, et il leur avait donné une hauteur de $4^{m},50$, bien que celle du sas ne fût que de $2^{m},50$. La longueur du guidage était supérieure à sa largeur, ce qui constituait une amélioration évidente. Dans le projet adopté aux Fontinettes, le sas sera guidé à la fois aux extrémités et au milieu, bien qu'on ne voie pas bien comment ce dernier guidage puisse être réalisé.

Ce qui est certain, c'est qu'avec le mode de joint adopté à Anderton, joint qui consiste en un plan incliné contre lequel vient s'appuyer une extrémité du sas, ce dernier peut être poussé vers l'autre extrémité ce qui peut produire une flexion du piston. Elle est faible, vu sa grande longueur, mais il convient, au nom de la prudence, d'éviter même ce déplacement. Aux Fontinettes le joint se faisant différemment, ce danger a disparu en majeure partie.

Un autre inconvénient résulte de l'emploi de ce plan incliné. C'est que le sas est toujours forcément obligé de s'arrêter à la même hauteur, quel que soit le niveau de l'eau dans le bief. Or tous les canaux ont des variations, lesquelles peuvent, sans interruption de service, atteindre $0^{m},50$ et davantage. Il convient donc d'assurer le fonctionnement de l'appareil, malgré ces dénivellations, et le joint adopté aux Fontinettes paraît résoudre la question. Il consiste en un tuyau de caoutchouc, dans lequel on introduit de l'eau. Ce tuyau est alternativement flasque ou gonflé, et, dans ce dernier état, il presse à la fois contre la surface terminale du sas et contre la paroi fixe, assurant ainsi l'étanchéité.

Un inconvénient inhérent aux ascenseurs construits sur le principe de la balance hydrostatique est que ce système exige forcément l'emploi simultané de deux appareils semblables. Le projet de M. Seiler, qui a été rappelé par M. Badois, évite ce désavantage et permet l'emploi d'un appareil unique. On a bien proposé, dans le cas d'avarie de l'un des deux sas, d'assurer le fonctionnement par le moyen seul de l'accumulateur, qui se trouve toujours joint aux sas mobiles, mais il est facile de se faire une idée de la lenteur extrême qui serait la conséquence de ce mode de fonctionnement. Aussi, a-t-il été proposé dans un projet établi par l'établissement de Seraing, pour la Belgique, d'accoler un troisième piston aux presses, semblable aux deux autres, ce qui permettrait un fonctionnement normal, lors même qu'un des sas serait hors d'état de marcher. On arrive ainsi à un appareil triple et à une dépense énorme, tout en restant à la merci d'un engin qui a des défauts très marqués.

Il est vrai de dire que l'appareil double permettrait un mouvement également double à chaque coup. Mais il paraît douteux que la régularité de la navigation sur un canal soit telle qu'on puisse largement profiter de cette faculté. L'alternance d'entrée à droite ou à gauche risquerait plutôt, si l'activité était grande, de causer de la confusion, et par suite

une perte de temps. En réalité, il y aura rarement encombrement, et un appareil simple, s'il en existait, répondrait certainement à la grande majorité des besoins, tout en procurant l'avantage d'une économie considérable.

M. Harrand a fait connaître un projet ingénieux dans lequel les deux moitiés de l'appareil serviraient chacune à franchir la moitié d'une chute totale de 40 mètres, les sas étant placés bout à bout. Ce projet est évidemment séduisant. Mais serait-il facile de trouver l'emplacement nécessaire et commode pour le rachat immédiat d'une aussi grande dénivellation? On propose d'éloigner, l'une de l'autre, les deux moitiés d'un même appareil, pour constituer un garage entre elles. Cette disposition ne paraît pas heureuse, car il est absolument nécessaire que le mécanicien dirigeant le mouvement puisse observer à la fois tout l'ensemble de l'appareil. La surveillance facile et sûre est une des premières conditions à remplir, et il serait très difficile d'y parvenir, malgré tous les appareils de signaux ou d'enclanchement, si les sas étaient situés à une distance sensible l'un de l'autre.

S'il était permis de résumer sous là forme d'un programme, les conditions qu'il serait utile de réaliser pour un ascenseur à bateaux, voici ce qu'on devrait exiger :

1° Que le support du sas ne soit pas un organe unique, mais qu'il existât plusieurs points de support, de façon que, si l'un deux venait à subir une avarie, il s'en trouvât d'autres qui puissent le remplacer.

2° Que les pressions considérables existant en général sous le piston soient réduites.

3° Que l'emploi de la fonte travaillant à la tension fût absolument proscrit.

4° Que le guidage puisse s'appliquer à des parties ayant une hauteur aussi grande que possible dans le sens du mouvement.

5° Que le sas puisse être arrêté en des points variables de manière à suivre les variations de niveau accidentelles des deux biefs d'amont et d'aval. Car on peut aussi avoir intérêt à arrêter une manœuvre commencée et à retourner en arrière.

6° Enfin, que chacun des sas puisse fonctionner indépendamment l'un de l'autre afin de prévoir les cas d'avarie et pour ne pas entraîner le chômage du canal entier. S'il était possible, cette indépendance devrait être permanente sur les canaux à fort trafic, ce qui conduirait naturellement à la possibilité d'établir des appareils à un seul sas, là où la navigation ne serait encore que de moindre importance.

M. Badois. Je ne répondrai aujourd'hui qu'à l'une des observations de M. Seyrig, sur les ascenseurs, qui tend à corroborer l'opinion du conseil des ponts et chaussées et celle de toutes les personnes qui se sont surtout préoccupées de l'horizontalité des sas. On a dit : « Lorsque le sas est à la

partie supérieure, et lorsqu'on ouvre la partie qui donne entrée à l'eau du bief, il y a une vague. » Ce mot *vague* présente à l'esprit quelque chose d'important; mais, cette vague, c'est tout simplement une couche d'eau de 25 centimètres qui se déverse dans le sas et qui tendrait, dit-on, à en faire baisser un côté, de façon à produire une dénivellation qui ne ferait que s'accroître. C'est une crainte qui n'est pas fondée; car ici, nous n'avons pas affaire à des appareils articulés : qu'il y ait une presse unique, ou deux, ou trois presses, elles sont assemblées sur une grande poutre, d'une manière absolument rigide et constituent l'ensemble d'un système, qu'on ne peut pas considérer comme articulé, mais, au contraire, comme un tout indéformable dont la position du centre de gravité est telle, que si vous mettez deux ou trois tonnes d'un côté, vous déplacerez bien un peu ce centre de gravité, mais d'une quantité trop faible pour faire osciller le système et détruire l'horizontalité.

C'est sur ce point que je désire fixer l'attention aujourd'hui; et, puisqu'il doit y avoir une discussion à la suite de la communication de M. Seyrig, je demanderai à démontrer que le guidage n'a pas l'importance qu'on veut lui donner. A l'accident d'Anderton, on a été surpris qu'il n'y eût pas de dénivellation énorme. Il ne pouvait pas y en avoir, puisque le centre de gravité passait par l'axe de la presse; et quand il y aurait eu quelques tonnes de surcharge d'un côté, cela n'aurait pas changé la position du centre de gravité au point de produire une dénivellation de l'appareil. La poutre a 3^{m},50; on ne peut pas admettre qu'il se produise sur cette hauteur une flexion de plus d'un centimètre, parce qu'alors il y aurait des tractions énormes. Le guidage n'est là que pour parer aux différences de charge qui peuvent se produire, lorsqu'il y a défaut ou irrégularité de serrage dans les presses ou aux efforts latéraux; mais non pas pour rétablir l'horizontalité, qui n'a aucune tendance à être détruite. — J'expliquerai cela à une prochaine séance, si vous voulez bien me le permettre.

M. le Président. A la prochaine séance, nous prierons M. Seyrig de faire une communication sur l'appareil qu'il a à présenter, et vous aurez la parole dans la discussion qui aura lieu à la suite de sa communication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Prosper Closson sur l'épuration des eaux des appareils à vapeur.

M. Closson rappelle les diverses communications faites à la Société, sur l'épuration des eaux, par MM. Brüll et Langlois, Forquenot, Asselin, etc., les nombreuses publications traitant le même sujet, et cite en particulier les comptes rendus des congrès des Ingénieurs des associations d'appareils à vapeur comme source précieuse d'informations.

Le but de sa communication est d'exposer l'état actuel de la question sans revenir sur les détails connus, sauf ce qui est nécessaire pour cet exposé. Il ne s'occupera pas des chaudières marines et divisera son étude en trois points :

I. *Action, sur les tôles des chaudières et sur les divers organes des machines, des matières dissoutes ou en suspension dans l'eau;*

II. *Examen des moyens chimiques de débarrasser les eaux des diverses matières qu'elles contiennent, ou au moins de modifier leur dépôt de manière à éviter les incrustations;*

III. *Procédés d'épuration.*

M. Closson cite les faits de corrosion attribués à l'oxygène et à l'acide carbonique dissous dans l'eau, et relate à ce sujet les expériences de Grace-Calvert, et de MM. Scheurer-Kestner et Meunier-Dolfus.

Il résume en quelques mots les inconvénients et les dangers des incrustations ou des dépôts produits par le sulfate de chaux et le carbonate de chaux.

Il rappelle les considérations qui ont conduit M. Cousté à établir que l'économie de combustible serait de 40 à 45 pour 100 sur une chaudière ayant 3 à 5 millimètres d'incrustations avec la même chaudière sans aucun dépôt.

La conductibilité des dépôts étant 16 fois moindre que celle de la tôle, on est conduit, pour faire produire à une chaudière, où des dépôts ou des incrustations se sont formés, la vapeur dont on a besoin, à forcer le feu : de là danger de coups de feu et aussi plus grande consommation de houille, les gaz allant plus chauds à la cheminée. Ou bien encore on installe une plus grande chaudière : de là augmentation de dépense. Beaucoup d'industriels, manquant de vapeur, se croient ainsi obligés d'augmenter leur installation : ils n'auraient qu'à épurer leur eau préalablement à l'emploi; leurs chaudières deviendraient alors suffisantes.

Les chlorures de sodium, de calcium et de magnésium ont une action corrosive propre : ils ont, de plus, dans certaines circonstances, tendance à se décomposer en produisant de l'acide chlorhydrique. Il ne faut jamais introduire de chlorure dans de l'eau qui n'en contient pas ou en augmenter la proportion dans celle qui en renferme déjà.

M. Closson examine la manière dont se comportent, dans la chaudière, les trois chlorures désignés ci-dessus. Il explique les dangers qu'ils présentent dans une chaudière incrustée et leur innocuité relative dans une chaudière sans aucun dépôt.

Enfin, dans les chaudières des machines à condensation s'accumulent des huiles et des graisses. M. Closson indique leur action très funeste à un double point de vue.

La conclusion de cet exposé est qu'il importe d'arriver à l'épuration préalable des eaux.

M. Closson indique les divers moyens que fournit la chimie pour débarrasser les eaux des impuretés dont la présence vient d'être signalée comme dangereuse.

Après examen de l'action de la soude, de la baryte, de la chaux, de la magnésie, du carbonate de soude, du carbonate de magnésie, du chlorure

de baryum, du chlorhydrate d'ammoniaque, etc., la conclusion est que les seuls corps à emplôyer pour se débarrasser des sels contenus dans l'eau sont : la soude, la chaux, la magnésie, le carbonate de soude, le carbonate de magnésie.

M. Closson ajoute que, bien que de précédentes considérations l'aient conduit à l'adoption de l'épuration préalable, il n'en doit pas moins étudier l'emploi de ces matières dans la chaudière même, puisque beaucoup d'industriels opèrent encore de cette façon. Dans ce cas on n'a absolument que le choix entre le carbonate de soude et le carbonate de magnésie.

Le carbonate de soude a été et est encore employé. Il donne lieu à de grands inconvénients par suite de formations de savons qui sont entraînés dans les organes des machines, les robinets, etc. Quant au carbonate de magnésie, un inventeur d'un système d'enlèvement des dépôts à mesure qu'ils se produisent dans la chaudière, appareil déjà assez répandu en Belgique et dans le Nord, M. Dervaux, en essaye l'application : les résultats ne sont pas encore connus.

Au point de vue chimique M. Closson dit qu'il devrait s'en tenir là, si malheureusement l'état actuel de la pratique industrielle, ne l'obligeait à dire un mot d'une classe de produits qu'on a désignés sous le nom de « désincrustants. »

Ces produits peuvent être divisés en trois classes :

I° Les produits durs tels que le coke, le verre pilé, les rognures de zinc, etc., sur lesquels les dépôts viennent se faire et qui, suivant les mouvements de l'eau, détacheraient les incrustations qui commenceraient à se produire. Ces matières, souvent entraînées, endommagent les organes des machines et enlèvent aussi sur les parois des chaudières la couche protectrice d'oxyde de fer qu'il importe de ne pas détruire.

II° Les corps tels que la pomme de terre, l'amidon, la dextrine, le suif, la mélasse, les sciures des divers bois, etc., employés dans le but de produire des dépôts non adhérents, mais qui présentent plusieurs inconvénients que M. Closson signale.

III° Enfin, on fait encore usage de désincrustants ayant une action chimique. D'après ce qui a été dit plus haut, le carbonate de soude, malgré ses inconvénients, devrait être le seul principe de ces désincrustants. Or, la base de ces compositions, si nombreuses que rien qu'en les énumérant on ferait un volume, est généralement le chlorure de baryum, corps dont l'emploi doit être absolument proscrit.

M. Closson donne des détails sur ces désincrustants qui se vendent généralement comme un produit organique, un végétal sans danger, et qui ne doivent leurs propriétés qu'au chlorure de baryum. Il est du reste bien facile de le constater au moyen de l'azotate d'argent et de l'acide sulfurique. Le premier donne le précipité blanc caractéristique des chlorures ; le second, le précipité blanc de sulfate de baryte (généralement il faut calciner pour détruire la matière organique chargée de masquer le produit véritablement désincrustant, reprendre par l'eau et filtrer).

Les industriels les plus soucieux de leurs intérêts paraissent vraiment tenir à être trompés sur ce point. Il y a donc lieu de réagir contre l'emploi de ces désincrustants empiriques, à composition soi-disant secrète, qui conduisent les industriels à mettre dans leurs chaudières, en le payant plusieurs fois sa valeur, un produit qu'ils refuseraient d'y introduire, sous son véritable nom.

Il résulte de tout ce qui vient d'être résumé ci-dessus qu'il est impossible d'arriver à de bons résultats en effectuant les dépôts dans la chaudière.

M. Closson, arrivant aux procédés d'épuration préalable, dit quelques mots du procédé, proposé par M. Asselin, au moyen de l'oxalate de soude.

Les procédés actuellement appliqués sont les procédés à la chaux; à la chaux et à la soude; à la magnésie; au carbonate de magnésie; à la chaux et au carbonate de magnésie.

M. Closson décrit en détail ces procédés et leurs applications.

La Compagnie du chemin de fer du Nord, par exemple, qui pratique l'épuration préalable sur une assez grande échelle, applique l'épuration à la chaux et l'épuration à la chaux et à la soude. Les dispositions qu'elle a adoptées sont diverses. Les appareils se composent essentiellement de grandes cuves de décantation. Cette Compagnie applique aussi les dispositions de MM. Bérenger et Stingl; M. Closson décrit ces appareils qui sont dessinés au tableau. Il y en a de deux sortes. Pour les uns, la réaction chimique se fait dans un mélangeur spécial, puis on exécute un filtrage dans des filtres appropriés. Pour les autres, la réaction se fait au fond d'un prémier appareil décanteur: le dépôt s'effectue dans une suite de décanteurs semblables (on retrouvera cette description au compte rendu *in extenso*).

Ces appareils fonctionnent bien ; on fait à ce procédé le reproche de coûter plus cher que le procédé ordinaire en raison des soins à donner au lait de chaux. A ce reproche on en peut ajouter un autre qui s'applique à tous les procédés où on emploie la chaux et la soude : l'inconvénient du dosage.

On a vu plus haut que l'emploi de la magnésie évitait cet inconvénient. C'est un chimiste allemand, M. Bohlig, qui le premier a appliqué la magnésie à l'épuration. Il emploie les deux systèmes d'appareils qui ont été décrits l'an dernier à la Société par M. le baron de Derschau. Ces procédés Bohlig et Derschau fonctionnent bien, surtout à chaud.

M. Closson a substitué, à l'emploi de la magnésie, celui du carbonate de magnésie. L'action est beaucoup plus vive, à chaud comme à froid. A froid, il reste dans l'eau du bicarbonate de magnésie donnant du carbonate de magnésie qui flotte et ne se précipite pas au fond de la chaudière, mais qui présente les inconvénients signalés pour les dépôts flottants.

Si l'on opère à la température de 45 à 50 degrés, ce qui est facile, le bicarbonate de magnésie est décomposé. Il ne reste plus dans l'eau que les quantités de carbonates de chaux et de magnésie dissoutes suivant la solubilité de ces corps. C'est insignifiant et l'eau est ainsi complètement épurée.

Pour les industriels qui veulent absolument opérer à froid, M. Closson emploie la chaux, d'abord, puis le carbonate de magnésie. Cette méthode ne convient qu'aux eaux qui ne contiennent pas beaucoup de sulfate de chaux. Pour les eaux séléniteuses il convient d'opérer à 45 degrés.

L'installation est très simple et peu coûteuse; M. Closson la décrit : 1,200 à 1,500 francs suffisent pour une machine de cent chevaux. Quant au prix de revient d'épuration, il est difficile de l'indiquer; il varie suivant les eaux. Pour l'eau de Seine, 3 à 4 centimes par mètre cube; pour l'eau de Belleville, très chargée en sels, très séléniteuse, marquant 120 degrés à l'hydrotimètre, environ 0,15. Mais avec l'eau de Belleville comme avec l'eau de Seine, aucun dépôt ne se produit dans la chaudière si l'on a opéré convenablement. Il importe de se servir du carbonate de magnésie hydraté, obtenu par précipitation. M. Closson conseille de l'employer en pâte, car, avec un produit non précipité, quelque fin qu'il soit, l'action est très lente et toujours incomplète. Le prix du carbonate précipité était jusqu'ici de 1200 fr. la tonne, M. Closson est parvenu à l'abaisser au quart. Dans ces conditions, en tenant compte de l'équivalent de la soude qui est 31, par rapport à celui du carbonate de magnésie, qui est 42, on voit que les prix d'épuration, par la soude ou par la magnésie carbonatée, sont sensiblement les mêmes. Le procédé à la magnésie a l'avantage de coûter très peu d'installation et ne nécessite pas, comme le procédé à la soude, la présence d'un chimiste pour le diriger. Si les grandes compagnies peuvent employer les procédés à la soude, les procédés à la magnésie seront de préférence adoptés par l'industrie.

M. Closson dit qu'il résulte de cet exposé que les procédés à la soude et à la magnésie sont satisfaisants : et qu'on ne trouvera pas autre chose au point de vue chimique. Les inventeurs, il est vrai, pourront perfectionner les appareils, mais ceux qu'on a actuellement sont suffisants, ainsi que le prouvent de nombreuses applications. Il faut donc arriver à l'épuration préalable. Il est du devoir des ingénieurs de le dire et de prêcher d'exemple.

M. le Président remercie M. Closson de son intéressante communication, qui sera reproduite *in extenso* dans le *Bulletin mensuel*.

La parole est donnée à M. Haag, ingénieur des ponts et chaussées, pour la suite de la discussion sur le Métropolitain de Paris.

M. Haag. Je n'ai qu'une courte communication à faire au sujet du projet de chemin de fer Métropolitain, que j'ai eu l'honneur de vous présenter récemment.

Il s'agit d'une variante qui ne change rien au tracé général, au point de vue du résultat à obtenir, mais qui peut avoir une influence appréciable sur le prix d'établissement du projet.

Vous vous rappelez, Messieurs, que mon projet consiste à relier entre elles les grandes gares de Paris et à combiner cette liaison avec la création

d'une voie nouvelle servant à la circulation des piétons et des voitures. Différentes considérations m'avaient conduit à adopter la rue Montmartre pour la traversée du centre de Paris. Or, quand on veut percer une nouvelle voie, deux solutions se présentent : suivre les rues existant déjà, ou les éviter, au contraire.

Si l'on suit les rues existantes, on bénéficie de la surface déjà acquise à la circulation par l'existence même de ces rues que l'on se borne alors à élargir. C'est la solution de ma première étude, et c'est aussi celle qui a été adoptée au boulevard Saint-Germain, dont le tracé a absorbé sur une de ses sections la rue Taranne et la rue Saint-Dominique. Mais, on peut faire le contraire, et créer la rue nouvelle en perçant les îlots de maisons, comme on a fait pour le boulevard Sébastopol, par exemple, qui suit à peu près parallèlement les rues Saint-Denis et Saint-Martin, sans les absorber. Cette dernière solution a l'avantage d'éviter des expropriations coûteuses. Il peut y avoir compensation entre les avantages des deux solutions. D'un côté, vous avez plus de terrains à acquérir, mais, d'autre part, si vous traversez un îlot de maisons souvent occupé par des cours, des jardins, des surfaces peu ou point bâties et où, par conséquent, il n'y a guère de commerçants établis, les indemnités locatives se réduisent à peu de chose et les expropriations sont bien moins coûteuses.

Pour la traversée centrale de Paris, une variante est possible : au lieu de suivre la rue Montmartre et le Faubourg-Montmartre, on peut faire une percée qui se détache de la rue du Faubourg-Montmartre au coin de la rue Richer, et qui coupe le pâté de maisons compris entre la rue Montmartre et la rue Montorgueil. On passe dans des îlots où les immeubles ont certainement moins de valeur que dans la rue Montmartre; il y a moins d'établissements commerciaux à déplacer, et je crois qu'il y aurait une économie considérable dans les expropriations.

C'est une variante que je propose, sans pouvoir dire d'avance si elle offre des avantages et quelle serait l'importance de ces avantages. Cette variante aurait un petit inconvénient : elle éloignerait un peu de la Bourse la gare centrale; mais l'augmentation de distance serait d'une centaine de mètres au plus, et ce ne serait pas là un grand dérangement. La traversée des boulevards se ferait à angle droit, comme dans le tracé primitif, et la rue nouvelle aurait toujours, bien entendu, ses 40 mètres de largeur.

L'économie obtenue en profitant de la rue et du Faubourg-Montmartre peut se chiffrer approximativement. En comptant, pour la rue Montmartre et le Faubourg-Montmartre, une largeur moyenne de 12 mètres sur une longueur de 1,500 mètres environ, cela fait 18,000 mètres de superficie, actuellement déjà acquis à la circulation, et dont on bénéficierait par conséquent. En évaluant ces 18,000 mètres à raison de 1,500 francs le mètre, cela présenterait une somme de 27 millions. C'est un chiffre considérable. Je répète que je ne puis faire ici la comparaison, au point de vue de l'économie du tracé primitif avec la variante; pour cela, une étude plus complète des deux tracés serait nécessaire. . . . . .

Aux raisons économiques que je viens d'exposer et qui pourraient conduire à l'adoption de la variante, viennent encore s'en joindre d'autres. Dans la récente discussion qui a eu lieu au Conseil municipal, le directeur des travaux, M. Alphand, pour l'opinion duquel j'ai naturellement le plus profond respect, a condamné les projets aériens par cette seule raison qu'ils défigureraient la capitale. Mon projet avait été étudié précisément avec cette préoccupation dominante de ne point défigurer Paris : ne touchant à aucun monument, à aucune promenade, à aucun beau quartier, il me semblait à l'abri du reproche de vandalisme. La rue Montmartre seule était sérieusement atteinte, et je ne croyais réellement pas qu'on pût tenir à la conservation des aspects et des perspectives de cette rue. Puisque l'objection a été cependant soulevée, et par une voix aussi autorisée que celle de M. le Directeur des travaux, je ferai remarquer que la variante proposée permet de conserver la rue Montmartre et même la rue du Faubourg-Montmartre dans toute son intégrité. Les rues Rambuteau et de Bercy pourraient être aussi très facilement épargnées.

Il me reste encore quelques mots à ajouter sur la possibilité de desservir l'Hôtel des Postes.

L'État est resté propriétaire d'un terrain assez considérable [1], qui se trouve derrière le nouvel Hôtel et qui n'en est séparé que par la rue Gutenberg; on a précisement réservé ce terrain pour permettre l'arrivée à l'Hôtel des Postes, du Métropolitain, soit souterrain, soit aérien. Pour le Métropolitain aérien, le service serait d'autant plus facile à établir qu'au nouvel Hôtel des Postes, les salles d'expédition se trouvant au deuxième étage, l'on faisait un embranchement en viaduc partant du Métropolitain et aboutissant, en franchissant la rue Jean-Jacques-Rousseau, au terrain, dont je viens de parler, on pourrait établir au niveau du premier étage des voies de garage pour remiser des wagons-poste. En établissant quatre ou cinq voies de garage de 50 mètres de longueur chacune, on remiserait facilement une vingtaine de wagons-poste. On pourrait, au-dessus de ces wagons, établir une sorte de plancher, communiquant avec les salles d'expédition, au moyen de passerelles, et, par des espèces de trémies, les paquets descendraient dans les wagons ou à côté des wagons où ils devraient être chargés. Il serait facile d'atteler ensuite les wagons aux trains et de les conduire aux grandes gares, qui seraient toutes en communication directe avec le Métropolitain.

Telles sont, Messieurs, les quelques observations que je désirais soumettre à votre bienveillante attention.

M. Mékarski ne peut, en raison de l'heure avancée, entreprendre une étude complète de la question posée par M. le Président. Il se borne donc à en traiter sommairement un des côtés, celui de la ventilation des longues galeries souterraines que comporte forcément le réseau voté par le Conseil municipal de Paris.

1. Ce terrain a environ 26 mètres de largeur sur 50 mètres de longueur.

Il est un peu surpris que ce point capital n'ait pas encore été élucidé par de plus compétents que lui, et que l'opinion, non seulement des personnes étrangères à la science, mais aussi des ingénieurs, semble encore si peu fixée sur l'importance réelle des difficultés avec lesquelles on aurait à compter, si l'on devait exploiter le Métropolitain de Paris au moyen de locomotives à vapeur, avec ou sans foyer.

Quelques considérations élémentaires suffisent à faire voir combien ces difficultés seraient sérieuses et quelles dépenses il faudrait faire pour maintenir dans des conditions acceptables l'atmosphère des galeries.

La circulation dans ces galeries, de locomotives à vapeur ordinaires, en vicierait l'air de trois manières :

1° par les produits de la combustion : acide carbonique et autres gaz irrespirables ou délétères ;

2° par la vapeur d'échappement ;

3° par la chaleur que les machines répandraient sur leur passage.

Ces trois inconvénients sont d'ailleurs les mêmes que de ceux dont on a à se préoccuper dans la ventilation des salles où doivent se trouver réunies un grand nombre de personnes, chacun de nous exhalant également de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de la chaleur.

Avec les machines à vapeur sans foyer, le premier inconvénient disparaît, le troisième est réduit, comme nous allons le voir, à fort peu de chose, mais le second subsiste entièrement. Il est même aggravé, car les machines de ce genre dépensent, à puissance égale, plus de vapeur que les locomotives ordinaires.

Pour étudier l'influence de chacune des causes de viciation de l'atmosphère il est nécessaire d'abord de se rendre compte de ce que pourraient brûler de charbon les machines employées sur le Métropolitain.

On peut certainement, sans exagération, évaluer leur consommation à 10 kilogrammes par kilomètre. Celle des locomotives du chemin de fer d'Auteuil et de la Ceinture est en effet de 11 kil. 500, avec 10 voitures. Les trains du Métropolitain seront un peu plus légers, mais les stations seront un peu plus rapprochées et par conséquent les démarrages plus nombreux. En admettant 10 kilogrammes on est vraisemblablement plutôt au-dessous de la vérité.

Or, ce poids de charbon transformé entièrement en acide carbonique représente environ 20 mètres cubes de gaz, répartis sur un kilomètre de longueur, soit 20 litres par mètre courant de galerie.

De la consommation admise, on est en droit de déduire que le poids de vapeur répandu dans le souterrain serait d'au moins 75 kilogrammes par kilomètre ou 75 grammes par mètre de longueur.

Enfin il est facile de calculer sur la même base la chaleur apportée dans l'atmosphère par les gaz du foyer et par la vapeur d'échappement.

La combustion de 10 kilogrammes de charbon développe environ 80,000 calories, dont une partie reste à l'état latent dans les 75 kilogrammes de

vapeur. Si nous supposons que la température de la galerie soit de 25°, la chaleur totale conservée par la vapeur diluée dans l'air sera de 682 cal. 75, soit pour 75 kilogrammes, 51,200 calories; il restera ainsi 28,800 calories employées à échauffer l'atmosphère.

Partant de ces trois données il suffit, pour apprécier l'activité à donner à la ventilation, de calculer le cube d'air à renouveler par mètre de longueur de galerie, dans l'intervalle du passage de deux trains consécutifs, pour que la proportion d'acide carbonique et de vapeur d'eau, ainsi que la température de la galerie ne dépasse pas une valeur convenable.

La proportion ordinaire d'acide carbonique dans l'air réputé pur étant de 0,0004 à 0,0006, M. Mékarski admet qu'elle puisse s'élever à 0,01.

M. Herscher. C'est un chiffre trop élevé : dans la ventilation des salles publiques on s'attache à empêcher que la proportion ne dépasse 0,001 de plus qu'à l'extérieur, soit en tout un millième et demi.

M. Mékarski croit se rappeler avoir vu dans des traités spéciaux que l'on n'éprouve pas de gêne sensible tant que la proportion reste inférieure à un centième.

Ne voulant pas être suspect d'exagérer les inconvénients qu'il étudie, il continuera à raisonner sur le chiffre de un centième. Cela étant, pour extraire les 20 litres de gaz carbonique jetés dans la galerie au passage de chaque train, il faudrait en extraire 2 mètres cubes d'air ainsi vicié. Si d'ailleurs la proportion ne doit être supérieure que de un millième à celle de l'air ordinaire, c'est 20 mètres cubes qu'il faudrait renouveler dans le même intervalle.

Passant ensuite à l'échappement de vapeur, M. Mékarski fait voir qu'il produit une augmentation rapide de l'état hygrométrique de l'air des galeries, lequel serait promptement saturé, si cet effet n'était prévenu par une ventilation suffisamment énergique. Or l'on ignore pas combien est pénible le séjour dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, par suite de la suppression de la transpiration pulmonaire et cutanée.

M. Mékarski rappelle que cet inconvénient ne dépend pas du poids absolu de vapeur contenue dans l'atmosphère, mais du rapport de ce poids à celui que l'air contiendrait s'il était saturé. Il s'ensuit que la difficulté se présentera d'autant plus vite que la température sera moins élevée; c'est en hiver surtout qu'elle sera le plus sérieuse et qu'il faudra la combattre le plus énergiquement.

A 10°, par exemple, un mètre cube d'air saturé contient environ 10 grammes de vapeur d'eau. Si l'on admet que l'état hygrométrique à l'extérieur soit de 0,25 et qu'à l'intérieur il ne doive pas dépasser 0,75, pour chaque mètre cube d'air extrait du souterrain, on évacuera 5 grammes de vapeur d'échappement. Il faudra donc renouveler, entre deux trains, 15 mètres cubes d'air, par mètre de longueur de galerie pour évacuer, les 75 grammes de vapeur apportés par la locomotive du premier train.

La comparaison de ce résultat au précédent fait voir que la difficulté est plutôt plus grande dans le second cas que dans le premier.

Il est certain qu'elle serait beaucoup moindre en été, mais il faut évidemment pouvoir la combattre au moment où elle sera le plus sensible et s'outiller en conséquence.

Il est intéressant de remarquer que l'inconvénient dont il s'agit serait plus sérieux avec des machines à vapeur sans foyer qu'avec des locomotives ordinaires, non seulement parce que le poids de vapeur répandue dans le souterrain serait sensiblement plus grand, mais aussi parce que l'air ne serait pas échauffé par les gaz du foyer.

Dans le premier cas, en effet, la vapeur d'échappement ne cédera à l'atmosphère qu'une assez faible quantité de chaleur, 0, cal. 305 par kilogramme de vapeur, pour chaque degré d'écart de température. Si l'on admet que les locomotives dépensent 100 kilogrammes de vapeur par kilomètre et que cette vapeur sorte des cylindres à 110°, la température de la galerie étant de 10°, la chaleur cédée à l'air ne sera que de 3,050 calories par kilomètre ou 3 calories par mètre courant. Comme la section du souterrain sera d'environ 40 mètres carrés, l'échauffement ne dépassera pas 1/4 de degré. Or, pour cette variation de température le poids de vapeur d'eau, correspondant à un état hygrométrique 0,75, n'est susceptible d'augmenter que de 0, gr.15 par mètre cube, soit 6 grammes pour la section du souterrain, tandis que le train y jetterait 100 grammes. On s'approcherait donc très vite de l'état de saturation.

Avec des locomotives à foyer, l'échauffement serait 16 fois plus considérable, puisque l'on a fait voir que la chaleur cédée à l'atmosphère serait, dans ce cas, d'environ 30 calories par mètre de galerie. La saturation se produirait donc moins promptement et la ventilation pourrait être, sous ce rapport, moins active.

M. Mékarski examine enfin les inconvénients produits par l'échauffement de l'atmosphère.

Cette cause agira évidemment à l'inverse de la précédente, c'est-à-dire qu'elle sera surtout gênante pendant les grandes chaleurs de l'été.

Pour maintenir entre la galerie et l'extérieur un certain écart de température, il faudra enlever par mètre de galerie, dans l'intervalle de deux trains, un cube d'air emportant environ 30 calories. Or il serait peu pratique, dans la saison chaude, d'admettre que l'écart de température dépassât 7 à 8 degrés, valeur pour laquelle chaque mètre cube d'air extrait n'emporterait que 2 cal. 25 ; il faudrait donc pour remplir cette condition 13 mc. 33 par mètre de longueur de souterrain.

On voit que les trois genres de difficultés, que présenterait la circulation des locomotives à vapeurs dans le Métropolitain de Paris sont sensiblement équivalents, et qu'en remédiant à l'un d'une façon satisfaisante, on écarterait également les autres.

M. Mékarski croit pouvoir en conclure que si le Métropolitain doit être exploité au moyen de vapeur, il est inutile de chercher à supprimer la combustion, mais il y a lieu de se préoccuper des moyens d'assurer le renou-

vellement de l'air des galeries, à raison d'environ 15 m.c. par mètre courant pour chaque train traversant le souterrain.

Il fait observer que ce résultat ne sera pas atteint sans l'emploi de puissants ventilateurs installés à peu de distance l'un de l'autre.

Les trains devront en effet se succéder, à certaines heures de la journée, à cinq minutes d'intervalle, dans chaque sens. Ce serait donc à un certain moment $24 \times 15 = 360$ mètres cubes, par mètre courant, qu'il faudrait extraire du tunnel et remplacer par de l'air frais.

Des cheminées de ventilation, distantes l'une de l'autre de 100 mètres seulement, auraient chacune à évacuer 3,600 mètres cubes par heure, ou 10 mètres cubes par seconde.

Le seul énoncé de ce résultat fait comprendre quelle devrait être l'importance des installations à créer pour l'obtenir, et l'on peut se demander si, dans ces conditions, le chemin de fer souterrain serait beaucoup plus économique que ceux à ciel ouvert, dont les projets ont été présentés à la Société, malgré les coûteuses expropriations que ces derniers nécessiteraient.

Il est vrai que toutes ces difficultés peuvent être écartées avec infiniment moins de frais que par l'emploi d'un mode de traction mieux approprié aux considérations spéciales d'exploitation d'une voie souterraine. C'est ce que M. Mékarski se propose d'établir dans la suite de la discussion.

M. D'Auberjon a été reçu membre sociétaire et MM. Grimault, Leblanc et Verdière membres associés.

La séance est levée à onze heures.

TRAVERSÉE DU SIMPLON

PAR UN CHEMIN DE FER

PROJETS DE 1881-1882

PAR M. J. MEYER

Ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale et du Simplon.

La question de la traversée du Simplon par un chemin de fer, dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir dans la séance du 20 avril, n'est pas nouvelle pour votre Société.

Vous aviez accueilli avec bienveillance et intérêt les communications qui vous furent faites les 26 avril et 3 mai 1878 sur le même sujet, par nos collègues MM. William Huber et G.-T. Lommel.

Mais, bien avant déjà, votre Société s'est intéressée à cette question; je rappellerai les magnifiques travaux de notre fondateur M. Eugène Flachat en 1859 et 1860 et les travaux importants de vos collègues MM. Vauthier, Piarron de Mondésir, Lehaître, Thouvenot, etc., etc.

Cette question, outre son intérêt scientifique, comme solution d'un grand problème technique et industriel, a pris, pour la France, un intérêt croissant et d'un ordre bien plus élevé depuis l'ouverture de la ligne du Gothard qui permet tous les jours, au fur et à mesure que son trafic se développe, de constater un déplacement et une dérivation du trafic de transit des lignes françaises sur les lignes allemandes, et, ce qui est plus grave encore, comme l'a dit M. Amédée Marteau dans un rapport officiel adressé le 5 juillet 1882 à M. le Ministre des affaires étrangères, qui permet de constater le fait que le marché allemand va peu à peu se substituer en Italie au marché français.

Sans revenir sur ce qui vous avait été exposé en 1878 par mes hono-

rables collègues, j'aurai l'honneur de vous entretenir des nouvelles études que j'ai été chargé de faire en 1881-1882 et dont j'ai remis le dossier complet à la Société.

I

Origine des nouvelles études.

Pendant qu'on faisait en Suisse des travaux préparatoires et qu'on construisait la ligne d'accès du Simplon, la question se posait également en France et en Italie.

En Italie, où des travaux de terrassement et quelques travaux d'art avaient déjà été exécutés dans la vallée de l'Ossola, le Simplon trouva des promoteurs actifs et persévérants. Nous devons rappeler ici les écrits de MM. les ingénieurs Protasi, Tatti et Garrone. Des comités d'initiative se formèrent successivement à Domo, à Novare et se groupèrent autour d'un comité siégeant à Milan sous le patronage de la Chambre de commerce.

En France, à peine le Gothard était-il décidé qu'on proposa de lui opposer le Simplon. Des projets de loi, présentés d'abord en 1870 et 1871, mais ajournés à cause des événements politiques, ont été reproduits récemment. Les Chambres de commerce de Paris, Rouen, Bordeaux, Besançon, les conseils généraux de plusieurs départements ont attiré l'attention du gouvernement sur l'importance de la question et en ont réclamé la solution prochaine.

Le 16 novembre 1880, M. Léon Renault déposait sur le bureau de la Chambre des députés une proposition de loi tendant à ce qu'un crédit annuel de cinq millions de francs fût mis à la disposition du gouvernement pendant dix ans à partir de 1881, pour être appliqué à la traversée du Simplon.

M. Dupont, de son côté, demandait qu'on n'ouvrît la discussion sur la proposition Renault que lorsque les études entreprises pour le percement du mont Blanc seraient achevées, de façon à ce que la Chambre pût procéder à un examen comparatif des deux lignes.

L'affaire fut renvoyée à la vingt-troisième commission d'initiative parlementaire.

Le 9 mars 1881, cette commission présentait son rapport par

l'organe de M. Loubet; elle concluait à la prise en considération des propositions Renault et Dupont. Ces conclusions furent adoptées, et une commission spéciale fut désignée pour l'étude des diverses traversées des Alpes. Elle examina le terrain et surtout les abords du mont Blanc et du Simplon. Elle appela devant elle les représentants des divers projets et, après les avoir entendus, elle présenta, le 12 juillet 1881, son rapport par l'organe de M. Brossard. Ce rapport, tout en constatant qu'aucun plan de percement du mont Blanc n'avait été soumis à la commission, élève, contre le projet du Simplon, deux critiques principales : les pentes trop fortes sur le versant italien et les mauvaises conditions du passage du Jura de Dôle à Lausanne. Le rapport concluait à la nécessité d'études nouvelles, principalement en ce qui concerne le mont Blanc. La fin de la législature ne permit pas à un vote d'intervenir.

Au moment où ces faits se produisaient à Paris, la Compagnie du chemin de fer du Simplon se fusionnait avec la Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale, formant ainsi un réseau qui s'étend dès Pontarlier jusqu'à Berne, à Genève et au haut de la vallée du Rhône. L'un des premiers soins de la compagnie fusionnée et du comité spécial du Simplon fut d'ordonner de nouvelles études destinées à tenir compte des critiques élevées contre le projet de 1878 et à améliorer les conditions du passage du Jura.

II

Programme des études et méthodes suivies.

En présence des discussions sur la déclivité la plus convenable à adopter et des idées divergentes émises à cet égard, il devenait nécessaire d'élargir le champ des études, en faisant des levers topographiques étendus qui permettent la comparaison des divers projets.

Ces levers ont été exécutés sur les deux rives de la Diveria, afin de pouvoir comparer également ces deux côtés sous le rapport de la facilité qu'ils offrent pour l'établissement de la ligne. On a, sur l'une et sur l'autre rive, levé tout le terrain compris entre la ligne de pente de 24 0/00 correspondant au projet de 1878 et une ligne de pente de

12,5 0/00 qui forme la limite supérieure des tracés. Déjà, à l'occasion du passage de la Commission parlementaire française, en juin 1881, j'avais fait jalonner, sur les deux rives de la Diveria, des lignes de pente à 13,5 0/00.

La Commission parlementaire ayant exprimé le désir de voir réaliser ces études, le comité du Simplon me chargea, dès le mois de juillet 1881, de les poursuivre, et m'ouvrit, à cet effet, les crédits nécessaires.

Je dois mentionner ici les noms de mes deux collaborateurs principaux :

M. J.-J. Lochmann et M. Jules Crausaz, ingénieurs, qui dirigèrent les études sur le terrain. M. Lochmann appelé aux fonctions de colonel fédéral, chargé de la direction du génie et du bureau topographique suisse fut remplacé comme chef du bureau par M. Crausaz qui l'avait aidé dès le début des études.

De nouvelles lignes de pente à 12,5 0/00 furent tracées sur les deux rives de la Diveria au moyen de nivellements exécutés au baromètre anéroïde et en se rattachant aux repères du nivellement de précision qui suit la route jusqu'à Domo d'Ossola. La ligne de la rive droite pénètre dans la vallée de la Bogna, et rejoint le thalweg de la vallée de la Toce à Megolo, à 17 kilomètres en aval de Domo et vis-à-vis de Vogogna. C'est là qu'elle se raccorde avec la ligne projetée en 1862 et en partie exécutée par l'ancienne Compagnie de la ligne d'Italie.

La ligne de la rive gauche, après avoir traversé le coteau de Varzo, se retourne vers Campelia et Enso, au-dessus de Crevola, dans la vallée principale de la Toce, puis se développe dans le val Antigorio, suivant le versant droit de cette dernière, qu'elle traverse en dessous de Crodo. Elle continue à descendre sur la rive gauche jusqu'à Masera; de là elle traverse la Toce pour déboucher à Domo.

Une fois ces lignes d'opération jalonnées, on prolongea jusqu'à Megolo et Vogogna la triangulation établie en 1876 par la Compagnie du Simplon, triangulation qui s'arrêtait à Domo d'Ossola. Cette opération fut faite avec des théodolithes à répétition de $0^{m},21$ de diamètre utilisés pour le tracé du Gothard. On rattacha à cette triangulation le polygone formé par la ligne de pente et on obtint des coordonnées géographiques de chacun de ces sommets par rapport au méridien de Berne. L'altitude de chacun de ces points fut en outre déterminée par un rattachement au nivellement de précision obtenu, suivant les cas, par un nivellement direct ou par un nivellement trigonométrique.

Ces lignes de pente ou ces polygones formèrent donc les lignes d'opération.

La ligne, depuis la tête du tunnel jusqu'à Megolo, fut divisée en 14 feuilles de planchettes ; 3 feuilles supplémentaires devaient compléter le lever du terrain pour l'étude de la variante dans le val Antigorio.

Ces opérations préliminaires de tracé des lignes de pente prirent les mois de juillet et d'août. On commença en septembre le lever à la planchette de la première feuille, près d'Iselle; les autres furent successivement mises en œuvre. Onze ingénieurs topographes, MM. Pestalozzi, Frey, Baumann, Brossy, Wylenmann, Imobersteg, Lehmann, Dürheim, Favre, Suter et Stucky, furent occupés à ce travail. Plusieurs d'entre eux avaient travaillé aux études définitives des lignes d'accès du Gothard, d'autres aux levers de la carte topographique suisse.

Grâce au temps excessivement favorable, le lever des 14 feuilles pour le tracé direct a été terminé le 20 janvier 1882.

Le procédé employé est celui du lever à la planchette, avec la stadia topographique, c'est-à-dire la méthode de M. Wild, utilisée depuis nombre d'années pour la carte topographique suisse pour les études du Gothard et pour toutes les nouvelles lignes construites en Suisse depuis dix à douze ans. Cette méthode est beaucoup plus rapide et tout aussi, si ce n'est plus, exacte que celle des levers au tachéomètre. Le figuré du terrain est fait sur place, et les opérateurs dessinent les courbes de niveau sur le terrain pendant qu'ils l'ont sous les yeux, tandis qu'avec le tachéomètre les courbes de niveau sont tracées plus tard, alors que l'opérateur n'a plus le terrain sous les yeux, ce qui présente moins de garantie d'exactitude.

Sur les feuilles minutes, tous les points levés sont indiqués par leurs cotes d'altitude absolue. Ces cotes sont au nombre de 300 à 500 par décimètre carré, c'est-à-dire que les points cotés sont de 10 à 15 mètres de distance sur le terrain. Nous n'avons pas indiqué les cotes sur les reproductions lithographiques de nos projets, nous nous sommes borné à indiquer les courbes de niveau, ceci dans le but de ne pas surcharger trop le dessin.

L'échelle choisie a été celle du 1/5000 et l'équidistance des courbes a été admise à 5 mètres dans les coteaux fortement inclinés, et à 1 et 2 mètres dans les plaines.

Cette échelle est suffisante pour représenter les détails essentiels du

relief du terrain, pour pouvoir calculer les mouvements des terres, les murs de soutènement, et pour étudier les ouvrages d'art.

Le temps n'a pas permis de lever les trois feuilles du val Antigorio ; on s'est borné à tracer et repérer le polygone et à faire un nivellement de repères sur la route. Si l'on veut faire des projets basés sur l'utilisation de la vallée d'Antigorio, c'est-à-dire reposant sur les mêmes données que les projets Favre-Clo que nous avons décrits au chapitre premier, mais en pénétrant plus haut dans la vallée, à cause du plus grand développement que nécessite l'adoption d'une déclivité plus faible, soit 12,5 0/00 ou 13 0/00 au lieu de 15 0/00, il faudra lever encore ces trois feuilles. Nous nous sommes dispensé de le faire parce que, pour les raisons que nous indiquerons plus loin, l'adoption de ce tracé ne nous paraît guère avoir de chances, et que les renseignements que nous avons sont suffisants pour le discuter et le comparer aux autres tracés.

Quant au versant nord, de la gare actuelle de Brigue à la tête du tunnel, nous avons procédé de la même manière. Ce lever a fait l'objet d'une feuille unique; il a été exécuté du 10 février au 14 mars.

Tous ces levers avaient été faits dans la supposition que le gouvernement italien conserverait, comme direction générale de la ligne de Domo d'Ossola à Gravelone, celle qui avait été adoptée en 1861 par l'ancienne Compagnie d'Italie, c'est-à-dire la rive droite de la Toce. Ce n'est qu'au commencement de 1882 et alors que notre projet principal était terminé jusqu'à Loro, que nous apprîmes que le gouvernement italien adoptait un autre tracé, suivant à peu près la direction générale de la route du Simplon, c'est-à-dire franchissant la rivière de la Toce à la Tellia, près de Miggiandone, pour desservir Cuzzago, Premosello et Vogogna, traversant à nouveau la Toce entre Vogogna et Piève Vergonte pour venir rejoindre, à Piedimulera, les travaux de l'ancienne Compagnie d'Italie, dès ce point en grande partie terminés jusqu'à Domo d'Ossola. Il devenait donc nécessaire de modifier notre projet et de nous raccorder à Piedimulera au lieu de Megolo, soit à 5 kil. 850 plus en arrière, ce qui pouvait se réaliser en augmentant le développement dans la vallée de Bognanco. De ce fait, les levers des feuilles n°s 13 et 14 et une partie de la feuille n° 12 furent inutilisés; en revanche on fut obligé de compléter un peu les levers de la feuille n° 6 en pénétrant plus en amont dans la vallée de Bognanco. Le projet dut donc être refait entièrement sur une longueur de 16 kilomètres,

ce qui amena un retard de quelques semaines dans l'achèvement de ces travaux.

Le travail sur le terrain terminé, les ingénieurs s'occupèrent activement des travaux de cabinet nécessaires à l'achèvement des projets.

Ils commencèrent par l'étude du projet principal, soit celui avec pente de 12,5mm, en même temps on en établissait le profil en long à la même échelle du 1/5000 pour les longueurs et du 1/500 pour les hauteurs. Après avoir déterminé la ligne la plus avantageuse, soit au point de vue des terrassements, soit à celui des ouvrages d'art, cette ligne fut rapportée sur le plan et l'on prit à l'échelle du plan les coordonnées géographiques de ses sommets par rapport aux lignes les plus voisines du réseau qui avait été tracé et repéré sur les plans, réseau dont les côtés étaient de 1 dm. soit 500 mètres. On a obtenu ainsi une exactitude à 1 mètre près, et même dans cette limite une erreur ne pouvait se reproduire, puisque cette opération se répétait pour chaque sommet, ce qui permet d'admettre une compensation.

Au moyen de ces coordonnées des sommets d'angles du tracé, on pouvait calculer les azimuts des côtés, en déduire les angles que forment entre eux ces côtés, soit les angles des sommets, puis calculer tous les éléments en plan du tracé : distance de sommet à sommet, longueur des tangentes, développement des courbes, longueur des alignements, et obtenir la longueur totale de la ligne, aussi exactement que si on l'eût tracée et chaînée sur le terrain.

Dans leur ensemble ces données ont le même degré d'exactitude que la triangulation.

Sur cette ligne d'axe ainsi déterminée, il a été construit des profils en travers au 1/500 distants de 20 mètres en moyenne. Aux points où se présentaient des ouvrages d'art spéciaux, tels que des viaducs, il a été construit en outre des profils en long spéciaux à l'échelle du 1/500 sur lesquels on a pu tracer les avant-projets de ces ouvrages pour en faire l'évaluation. Il faut ajouter que dans le lever on avait eu soin de relever à ces endroits un plus grand nombre de points.

Simultanément avec ces opérations on prépara les types devant servir à l'étude du projet, soit les profils types de la voie, des tunnels, des perrés, murs de soutènement, travaux de défense. On établit une série de prix analytique très détaillée, en tenant compte des matériaux disponibles dans le pays et de leurs frais de transport à pied d'œuvre. Pour les viaducs en maçonnerie, on détermina sur la base de ces séries

de prix et d'un très grand nombre d'ouvrages analogues exécutés sur d'autres lignes, plus spécialement au Gothard, des prix par mètre superficiel, pour différentes portées et différentes hauteurs. Pour les tabliers des viaducs en fer, il a été établi un tableau des poids par mètre courant, pour chaque portée, basé sur les poids de plusieurs centaines d'ouvrages récents et spécialement de ceux des lignes du Gothard présentant une certaine analogie.

On a ensuite rapporté le projet avec tous ses détails, talus, murs de soutènement, etc., sur les profils en travers. On a planimétré les surfaces pour calculer le cube des terres, et construit l'épure graphique du mouvement des terres pour déterminer les distances moyennes et sections de transport. Les ouvrages d'art courants ont fait l'objet d'avant-projets spéciaux qui ont été métrés et auxquels on a appliqué les prix de la série. C'est sur ces bases et en prenant une marge considérable, que le devis estimatif a été établi.

Cette étude de détail a été rapportée sur le profil en long et sur le plan de situation au 1/5000 ; on y a figuré des talus en remblai et déblai, les murs de soutènement, les perrés, les déviations de routes, chemins, cours d'eau, les tunnels, les viaducs, les aqueducs, etc.

Lorsque ce travail fut terminé et avant d'y mettre la dernière main, je parcourus tout le tracé, examinant chaque point en particulier. Les corrections de détail apportées au tracé furent peu nombreuses; cette inspection me permit de constater combien la méthode employée est exacte.

La position de chaque ouvrage d'art, la forme et les dimensions à lui donner, les conditions spéciales de ses fondations firent partie de cette même étude détaillée ; c'est sur ces données que furent basés les avant-projets et les devis de ces ouvrages. Dans chaque tranchée et dans chaque tunnel la nature des terrains et des roches fut aussi examinée et c'est seulement après cette revision que furent arrêtés les avant-métrés et les devis estimatifs. On voit donc que ce travail détaillé peut présenter les garanties désirables pour un bon avant-projet définitif, mais il n'a été fait que pour le projet principal, avec rampe de 12,5^{mm}.

Pour les autres projets, examinés au chapitre VI, on s'est borné à en tracer l'axe sur le plan et à construire les éléments du tracé, par la méthode que nous venons d'indiquer, sans construire de profils en travers et sans faire de projets spéciaux. On a néanmoins pu déter-

miner ainsi la longueur des tunnels et les dimensions principales des viaducs. L'estimation en a été faite par analogie. Si la discussion se portait sérieusement sur tel ou tel de ces projets concurremment avec le projet principal, les éléments que nous possédons nous permettraient de préparer en quelques semaines des avant-projets aussi complets que pour le tracé au 12,5 0/00.

Ces documents nous permettraient de même d'étudier rapidement tout projet intermédiaire, ou de donner un aperçu général de sa valeur comparative avec les autres projets étudiés.

III

Tracé du grand tunnel.

a) ALTITUDE ET DÉCLIVITÉS.

Pour obtenir des déclivités plus faibles que celles du projet de 1878, il faut que le tunnel débouche au sud à une altitude aussi basse que possible, et ne dépasse pas 630 mètres au-dessus de la mer. Au-dessous d'Iselle, la route du Simplon passe en galerie sous une grande paroi de rochers, qui est le prolongement, jusque dans le fond de la vallée de la Diveria, des arêtes rocheuses du pic de Vallè. Cette galerie forme, pour ainsi dire, une limite climatérique et orographique; en amont le thalweg de la vallée ne se prête pas à un régime de faibles déclivités et les neiges y sont beaucoup plus abondantes. C'est donc à 250 mètres environ en aval de cette galerie et dans la gorge formée par le ruisseau de la Fontaine, que nous avons placé, à l'altitude de 627^{m},83, la tête sud de notre tunnel. Une position à peu près identique avait été indiquée dans la brochure publiée en 1881 par M. G.-T. Lommel, ancien directeur de la Compagnie du Simplon, intitulée *Étude sur la chaleur souterraine.* Un coup d'œil jeté sur les plans, et mieux encore sur le terrain, fait voir que, du moment où l'on cherche une altitude inférieure à 630 mètres, cet emplacement s'impose.

Une autre considération devait entrer en ligne de compte pour la fixation de l'axe du tunnel, c'est le point de vue géothermique, c'est-à-dire la température probable qu'on rencontrera à l'intérieur.

L'attention des ingénieurs et celle de la Commission parlementaire française qui s'est occupée du Simplon en 1881, avait été attirée sur ce point par les difficultés qu'on a rencontrées au tunnel du Gothard en raison de la température intérieure relativement élevée (30°,8 centigrades) et qui, combinée avec une ventilation insuffisante, incommodait beaucoup les ouvriers.

Cette question a fait l'objet d'une étude spéciale de la part des géologues que nous avons consultés; nous en donnerons ici le résumé.

Nous avons préparé, pour servir de base à leur étude, des profils en long du massif au-dessus du tracé de notre tunnel, et, de kilomètre en kilomètre, des profils en travers assez étendus, donnant une idée exacte du relief du massif. Nous avons fait faire un travail analogue pour les massifs du mont Cenis et du Gothard, où l'on avait des observations sur les températures intérieures. On a construit pour ces deux derniers tunnels, les courbes géothermiques, c'est-à-dire celles qui représentent les points qui ont, à l'intérieur du massif, la même température, et les relations qui existent entre la forme de ces courbes et les profils extérieurs du massif ont été étudiées. Par analogie, on a cherché à construire ces mêmes courbes pour le massif du Simplon.

Ce travail eut lieu pour le tracé en ligne droite reliant les deux têtes; il indiquait une température maximum de 36 à 39 degrés. En examinant les profils en travers, on a vu qu'en brisant la ligne et en prenant le sommet d'angle dans la vallée de la Cherasca le plus près possible du thalweg, on se rapprochait beaucoup des flancs de cette vallée, que les hauteurs du massif superposé diminuaient et qu'on bénéficiait du refroidissement produit par les grands évidements que forment les deux cirques rencontrés dans la vallée de la Cherasca, celui de l'alpe Diveglia, en haut, et ceux de Campo, ou Nembro, ou Vallè, situés plus bas. Nous avons fait faire, en juillet 1882, un lever topographique spécial dans cette partie, pour pouvoir mieux étudier cette question.

C'est ainsi que, par des tâtonnements successifs, la position la plus avantageuse au point de vue géothermique a été choisie; nous la décrivons en détail plus loin. Les applications des résultats du mont Cenis et du Gothard font prévoir ici une température qui pourra varier entre 32 et 35 degrés, peu différente de celle rencontrée au Gothard, mais régnant sur une plus grande longueur en raison de la forme applatie du massif.

La même application avait été faite au tracé du tunnel projeté en

1878, passant sous le sommet du monte Leone, et par conséquent sous des massifs superposés de 2,275 mètres à 2,780 mètres d'épaisseur, ce qui laissait prévoir une température intérieure pouvant atteindre 48 degrés.

Une application analogue a été faite par les géologues au tunnel projeté sous le mont Blanc, où l'on rencontrerait des altitudes allant de 4,500 à 4,700 mètres, soit une épaisseur de superposition de 3,500 à 3,700 mètres, laissant prévoir une température pouvant s'élever jusqu'à 52 degrés.

Une autre condition était aussi de nature à influer sur le choix de la tête nord du tunnel. Dans la vallée de la Saltine les géologues avaient déjà, en 1876, indiqué des couches de gypse, plongeant depuis le thalweg vers le tunnel et pouvant donner lieu à des infiltrations et à des accidents dans le genre de ceux rencontrés au Gothard sous Andermatt.

Le plongement de ces couches est tel que, si l'on se reporte plus au nord, elles auront passé sous le niveau du tunnel et deviendront ainsi inoffensives.

Cette considération se combine avec celle de la chaleur, car en reportant la tête nord du tunnel plus en amont dans la vallée du Rhône, on évite le massif du monte Leone et on se rapproche des versants de la vallée de la Cherasca.

C'est ce qui nous a amené à placer la tête nord à 2,448^{m},50 de l'axe de la gare actuelle de Brigue, dans l'enfoncement que forme le ruisseau de Thermen, vis-à-vis de Masseggen. Le tunnel déboucherait dans la plaine d'alluvion formée par les « glariers » du Rhône à l'altitude de 689 mètres au-dessus de la mer, soit à 5 mètres environ au-dessus des eaux du Rhône.

La ligne droite qui réunit ces deux têtes de tunnel a une longueur de 19 kil. 639 mètres calculée d'après la triangulation.

Au moyen des profils en travers établis d'après les cartes topographiques, on est arrivé à choisir une ligne brisée avec les mêmes têtes. La brisure est à 4,500 mètres environ en arrière de la tête sud, avec une ordonnée de 1,070 mètres ; elle forme un angle au sommet de 162° 37′55″. Ce sommet tombe sous le vallon de Vallè, latéral et situé à droite de la vallée de la Cherasca. La longueur totale de ce tunnel brisé calculée également d'après la triangulation, est de 19 kil. 795 mètres, soit un allongement de 157 mètres sur la ligne droite. Sur ces

19 kil. 795 mètres, il y a 9 kil. 376^m,50 sur territoire suisse et 10 kil. 418^m,50 sur territoire italien.

Le profil en long adopté est le suivant: altitude tête nord 689 mètres. Rampe de 0^m,002 par mètre sur 9,500 mètres, strictement suffisante pour un bon écoulement des eaux.

Altitude du point culminant, 708 mètres; palier avec courbes verticales de raccordement de 273^m,29 de longueur. Pente de 0^m,008 sur 10 kil. 21^m,36; altitude tête sud 627^m,83.

Les deux alignements de 14 kil. 662^m,60 et 4,692^m,43 sont raccordés au sommet par une courbe de 1,000 mètres de rayon et de 303^m,13 de développement.

Le tunnel est prolongé en ligne droite au nord, mais il y a une courbe de raccordement de 500 mètres de rayon et de 136^m,90 de développement. La forme du massif superposé donne 2,900 mètres comme maximum d'altitude au *Furggenbaumhorn*, soit 2,292 mètres d'épaisseur de superposition; mais ce maximum n'existe que sur une faible longueur, puisque à 200 mètres au sud et à 500 mètres au nord nous n'avons plus que 2,500 mètres d'altitude, soit 1,792 mètres d'épaisseur de massif superposé, à peu près comme au Gothard.

A 6,000 mètres de la tête nord, sous la vallée de la Ganther, près de Bérisal, le tracé passe à 700 mètres au-dessous du sol; à 4,560 mètres de la tête sud sous le val de Vallè, il passe également à 800 mètres au-dessous de la surface. Nous verrons dans un chapitre suivant le parti qu'on peut tirer de ces conditions.

L'application des courbes géothermiques à ce tracé fait prévoir une température intérieure maximum comprise entre 34 à 37 degrés, soit 2 degrés de moins que pour le premier tracé en ligne droite.

C'est ce tracé qui figure sur nos projets et sur lequel ont été basés nos devis.

Dans l'été 1882, une inspection que je fis avec les géologues consultés par nous, permit de constater que les évidements de la vallée de la Cherasca, et spécialement de ses vallons ou bassins de l'alpe Diveglia, et de celui de l'alpe de Campo ou de Nembro, sont plus accentués, plus ouverts que les cartes ne les représentent, et, par conséquent, plus avantageux au point de vue thermique. On détermina alors, dans le second de ces vallons, un ou deux points rattachés à notre triangulation, soit en situation, soit en altitude, et sur cette base on leva une partie du vallon au 1/50,000 à la planchette, avec stadia topogra-

phique. Ce lever permit de rectifier le profil en long et les profils en travers du massif superposé.

L'étude de ces profils nous amena à augmenter un peu la brisure, de manière à porter le sommet d'angle au fond des vallons près du pont de Campo, et au pied de la chute que fait la Cherasca.

Le pied de l'ordonnée de la brisure serait situé à 5,260 mètres en arrière de la tête sud sur la droite reliant les deux têtes, l'ordonnée de la brisure aurait 1,720 mètres, et l'angle formé au sommet par les deux directions serait de 155°32′29″, ce qui donnerait comme longueur 19 kil. 999^m,42 (disons 20 kilomètres) ou un nouvel allongement de 205 mètres.

Nous aurions à la tête nord une courbe de 124 mètres et de 500 mètres de rayon suivie d'un alignement de 14 kil. 094^m,39, au sommet d'une courbe de 1,000 mètres de rayon et de 444^m,38 de développement, et enfin d'un alignement de 5,336^m,65.

Au point de vue du massif superposé, le maximum serait à l'altitude de 2,750 mètres sous le *Furggenbaumhorn;* mais à 300 mètres à droite et à gauche on descend à 2,500 mètres, ce qui donnerait une hauteur superposée de 1,795 mètres.

A 6,500 mètres de la tête nord, on passerait sous la vallée de la Ganther à une profondeur de 1,000 mètres, et à 5,300 mètres avant la tête sud, on passerait sous la vallée de l'alpe de Nembro ou de Campo, à une profondeur de 680 mètres.

L'application des courbes géothermiques à ce tracé fait prévoir une température intérieure maximum, qui serait comprise entre 32° et 35°, soit 2° de gagnés sur le précédent et 4° sur le tracé en ligne droite.

Le coût de cet allongement du tunnel a été ajouté à nos devis par 800,000 francs.

b). CONDITIONS GÉOLOGIQUES ET THERMIQUES.

Le massif du Simplon a été l'objet de nombreuses explorations géologiques. L'ouvrage classique de M. *Bernhard Studer* contient plusieurs renseignements précieux à cet égard, entre autres une coupe de Mörel au val di Vedro par l'alpe Diveglia, Campo et Trasquera qui se rapproche beaucoup de la direction de notre souterrain. En 1859 M. l'ingénieur *Gerlach*, l'un des géologues les plus distingués de l'Allemagne, étudiait les Alpes pennines pour la carte géologique suisse. M. L.-L.

Vauthier, ingénieur en chef de la ligne d'Italie, occupé à l'étude du projet dont nous avons parlé au chapitre Ier, page 5, chargea M. Gerlach d'établir une carte et des coupes géologiques du massif du Simplon. Ce rapport de M. Gerlach fut présenté en 1859 ; il est très complet et n'a pas été publié, mais M. Vauthier en a donné une analyse dans son travail de 1874, pages 22 et 23.

En 1877 la Compagnie du Simplon fit faire une nouvelle expertise géologique portant sur les directions qu'elle proposait alors pour le grand tunnel. Elle en chargea MM. E. Renevier, professeur à l'académie de Lausanne ; A. Heim, professeur à l'École polytechnique de Zurich, et Ch. Lory, professeur à la faculté des sciences de Grenoble. Le résultat de cette exploration a été publié par M. Renevier dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, et en tirage à part. Cette note est accompagnée de deux coupes géologiques à l'échelle du 1/25,000, l'une se rapportant au tracé alors proposé pour le tunnel par la Compagnie du Simplon, c'est-à-dire le tracé haut, de 18 kilomètres 507 mètres de longueur, et l'autre à un tracé débouchant en face de Naters, dans la plaine du Rhône, et qui se rapproche, pour la partie nord, de celui que nous proposons,

En 1881 nous avons prié ces mêmes géologues d'examiner les conditions géologiques du tunnel projeté sous le mont Blanc. Le résultat de leurs constatations fut consigné dans un rapport du mois de décembre reproduit à la fin de ce chapitre. M. Lory fut empêché d'assister à cette expertise, mais il exprima son opinion dans une lettre du 12 août 1881, également transcrite.

En 1882, lorsque nous eûmes arrêté les nouveaux tracés pour le tunnel et les lignes d'accès, nous priâmes ces mêmes géologues auxquels nous adjoignîmes M. Taramelli, professeur à l'université de Pavie, de faire une nouvelle exploration géologique plus complète du Simplon. Ils procédèrent dans le commencement d'août 1882 et furent accompagnés par l'ingénieur en chef et l'ingénieur ayant dirigé les études sur le terrain.

On voit que cette étude des conditions géologiques a été faite par les hommes les plus compétents et d'une manière complète et approfondie. Elle présente donc les plus grandes garanties.

L'étude avait principalement pour but d'examiner les deux tracés coudés dont nous avons donné la description et spécialement celui de 20 kilomètres.

Je ne vous donnerai qu'un aperçu très sommaire de la constitution géologique du massif dont j'ai placé sous vos yeux la coupe suivant l'axe du tunnel projeté.

Une étude détaillée dépasserait le cadre de ma communication et le temps que je peux y consacrer.

J'ai remis à la Société les rapports détaillés de nos géologues que vous pourrez consulter. A ce mémoire est annexé une coupe géologique figurée sur la planche n° 54.

A grands traits la constitution du massif se présente comme suit :

1° *Section septentrionale*, sur une longueur de 3 1/2 à 4 kilomètres, elle est presque entièrement comprise dans les *schistes lustrés* ou *schistes gris*, qui constituent le premier chaînon parallèle au Rhône, qui, suivant M. Lory, appartiennent au *trias* et ont une grande analogie avec ceux qu'on a rencontrés au mont Cenis du côté de Bardonnèche et au Gothard sous la vallée d'Urseren. Ces schistes sont très avantageux pour la perforation au point de vue de la rapidité de l'avancement et de la solidité, et, de plus, les géologues observent qu'ils seront secs et qu'on peut s'attendre à n'y rencontrer que des infiltrations insignifiantes.

2° *Section centrale*, d'une longueur de 9 à 9 1/2 kilomètres, elle est entièrement comprise dans les schistes cristallins feuilletés, très variés et très irrégulièrement entremêlés, avec 7 bancs de calcaire dolomitique de 20 à 50 mètres d'épaisseur, interstratifiés passant de la dolomie assez tendre au marbre saccharoïde ; ces schistes comprennent toute la série des schistes cristallins, passant quelquefois au gneiss schisteux ; *calcschistes*, *schistes granatifères*, *schistes micacés*, *amphiboliques*, *gneisseux*, *gneiss glandulaire*, etc., etc. ; avec des inclinaisons assez variées ; de moyenne dureté.

« Ce sont là, disent les géologues, les types les plus favorables au percement d'entre les roches cristallines, ni trop durs, ni trop tendres, intermédiaires entre les roches de la section méridionale et septentrionale.

« Quant aux infiltrations permanentes, elles sont peu à craindre dans cette section centrale, en raison, soit de la nature des roches, soit de la grande profondeur du tunnel, soit enfin de l'écoulement facile des eaux superficielles.

3° *Section méridionale*, d'une longueur de 7 à 9 kilomètres et com-

mençant à peu près vers le sommet d'angle du coude projeté dans le tracé du tunnel près de Campo.

Elle se trouve entièrement dans les roches siliceuses et cristallines plus dures que celle de la section centrale dont le type principal est le gneiss granitique, que le géologue Gerlach, le premier qui a fait une exploration détaillée de cette contrée, à désigné du nom de *gneiss d'Antigorio*. C'est une roche homogène assez dure comparable au gneiss granitoïde du Gothard.

Les explorations géologiques de 1877-1878, portant sur un tracé de tunnel situé plus au sud-ouest, laissait supposer que toute cette section était comprise dans ce gneiss formant une large voûte ou antictinale régulière. Celles de 1882, font supposer que l'on pourrait peut-être retrouver de nouveau dans le milieu et sur 2 ou 3 kilomètres de longueur en dessous de ces gneiss, les micaschistes que ces gneiss recouvraient comme une voûte. Les géologues n'ont pas été d'accord sur ce point dont la solution exigerait de leur part un nouvel examen et de nouveaux relevés sur place. Cela a du reste très peu d'importance au point de vue technique,

Ces micaschistes seront un peu moins durs à percer que les gneiss et l'avancement y sera un peu plus rapide, mais ils exigeront sur certains points, quoique très solides, un peu plus de revêtements en maçonnerie dans le gneiss d'Antigorio.

Au point de vue des infiltrations cette section serait la plus avantageuse grâce à la compacité et à l'homogénéité de la voûte du gneiss granitique.

QUESTION THERMIQUE.

Les difficultés que l'on a rencontrées au Gothard en raison de la température qui s'y est élevée à 30° 75 (au mont Cenis elle était de 29° 5) et les remarquables travaux qu'a publiés M. le Dr Stapff, géologue du Gothard, dans les *Annales des mines* de Cuyper de 1879-1880 et dans les rapports trimestriels, doivent attirer à juste titre l'attention des personnes qui s'occupent de projet de percement de long tunnel. C'est là un facteur important dans le choix d'un tracé avec lequel il faut compter.

Dans une étude faite en 1881, et dont le résultat est consigné dans

un rapport du 7 décembre 1881 sur les conditions d'exécution du tunnel projeté sous le mont Blanc, MM. Heim et Renevier ont calculé que, sous le massif central sur une longueur de 5 kilomètres, la température dépasserait 40° et que, dans la partie tout à fait centrale, sur plus de 2 kilomètres elle dépasserait 50° et atteindrait probablement un maximum de 55°.

Les résultats des études de ces géologues sur ces questions géothermiques sont consignés sur les planches jointes à ce mémoire.

La planche n° 55 donne la comparaison des températures probables pour les 4 tracés considérés au Simplon. Celui de 1878 et les 3 tracés de 1881-1882.

On a rapporté les profils des terrains et sur les mêmes ordonnées kilométriques les températures probables; et la position des courbes chtonisothermiques ou isogéothermiques sur deux des coupes transversales les plus caractéristiques, planche n° 56.

La planche n° 57 donne la comparaison du dernier tracé le plus coudé de 1882 pour le Simplon, celui de 20 kilomètres, qui a été reproduit de la planche n° 54, avec le profil et les températures constatées au Gothard, et avec le profil et les températures prévues au tunnel du mont Blanc.

Voici textuellement comme s'expriment MM. les géologues Heim et Renevier sur ce point :

« Nous ne possédons pas encore un nombre suffisant d'observations sur la température souterraine des régions de montagnes pour nous permettre de déterminer d'avance, d'une manière exacte, le degré de chaleur qu'on rencontre sur les différents points d'un tunnel à construire. En effet, la température n'est pas une fonction de la profondeur seulement, ni de la plus courte distance de la surface, mais bien plutôt de la forme générale du relief du sol, combinée avec les conditions de conductibilité des roches qui composent la montagne.

« Nous pouvons toutefois estimer la température probable qu'on rencontrera dans le tunnel du Simplon, avec une erreur possible de + ou — 3° centigrades, et cela grâce aux observations faites au tunnel du mont Cenis et surtout à celui du Gothard. Cela est d'autant plus réalisable que les roches du Simplon sont, comme nous venons de le voir, très semblables à celles du Gothard, et devront avoir par conséquent beaucoup d'analogie au point de vue de leur conductibilité. Les condi-

tions thermiques du tunnel du Simplon seront, sans doute, plus défavorables que celles du Gothard, dans lequel la température rencontrée a atteint le maximum de 30°75 centigrades. Toutefois, si l'on choisit le tracé coudé qui nous a été soumis en dernier lieu (août 1882, longueur 20 kilomètres), ces conditions se trouvent moins défavorables qu'on ne l'avait prétendu, et, en tout cas, bien meilleures que dans le projet du mont Blanc, dans lequel sur une longueur de 3 kilomètres, on dépasserait, selon toute probabilité, le chiffre de 50° centigrades.

« En cherchant à évaluer la température par comparaison avec le Gothard, pour le tracé coudé que vous avez soumis à notre examen, mon collègue, M. Heim, trouve les moyennes probables ci après : à 3 kilomètres environ de la tête nord, on atteindrait 30° centigrades. Ce chiffre ne s'accroîtrait guère jusqu'au 7e kilomètre. De là jusqu'au 9e kilomètre, sous l'arête d'Avrona, la chaleur s'accentuerait jusqu'à 35° centigrades. C'est là qu'on peut s'attendre à trouver le maximum de chaleur souterraine. La température serait de nouveau décroissante jusqu'au 11e kilomètre où l'on se retrouverait probablement à 30° centigrades environ. De là on peut supposer qu'elle se maintiendrait à peu près constante jusqu'à 2 kilomètres de la tête sud, pour décroître alors rapidement.

« *De tous les tracés proposés jusqu'ici pour le tunnel du Simplon, le plus favorable, au point de vue thermique, est incontestablement ce dernier* dans lequel le maximum de chaleur ne paraît pas devoir surpasser 35° centigrades. Ce chiffre aurait été de plusieurs degrés plus élevé avec les précédents projets, qui passaient plus directement sous le grand massif du monte Leone, tandis que le tracé actuel profite de la vallée de la Saltine supérieure et surtout de celle de la Cherasca, avec son magnifique cirque de Diveglia.

« Ce tracé permettrait en outre de forer deux puits de ventilation ; par ce moyen et par d'autres procédés semblables, il nous paraît hors de doute qu'on pourrait abaisser encore sensiblement la température maximum à l'intérieur du tunnel. Si, en outre, on y introduisait fréquemment des wagons de glace, on parviendrait non seulement à rafraîchir l'air intérieur de la galerie, mais surtout à le dessécher, grâce à la propriété que possède, à un haut degré, la glace, de condenser les vapeurs.

« Dans ces conditions et avec les précautions dictées par l'expérience, il est à peu près certain que, malgré les quatre à cinq degrés de plus

de température, le travail pourrait devenir plus facile dans le tunnel du Simplon qu'il ne l'a été dans celui du Gothard,

« Le nouveau tracé d'août 1882 (longueur 20 kilomètres)me paraît, quoique légèrement plus long, bien plus avantageux que les divers projets qui nous ont été précédemment soumis.

« Il leur est préférable au point de vue géologique, surtout par les raisons suivantes :

« *a*) Passant autant que possible sous les vallées et évitant le massif du monte Leone, il présenterait des conditions thermiques bien plus favorables, dans les limites desquelles (35° centigrades) le travail humain est parfaitement praticable.

« *b*) La température générale du tunnel pourrait être encore abaissée artificiellement, mieux que dans aucun autre tracé, par le moyen de deux puits d'aération, qui réduiraient le tronçon central compris entre eux à 9 ou même à 8 kilomètres environ.

« *c*) Il présente le maximum de garanties possibles, relativement à la rencontre éventuelle d'amas gypseux. Il évite certainement le gypse des berges du Rhône, sous Termen. Il évite probablement le pointement gypseux des gorges de Saltine, sous Lingwurm, ou, s'il le rencontre, ce sera dans des conditions infiniment moins dangereuses au point de vue des infiltrations. Il évite l'affleurement gypseux de Grund. Enfin, s'il venait à rencontrer le gypse du pont San Bernardo, ce serait encore dans les conditions les plus favorables ; tandis que les deux tracés haut et bas de 1877 de la Compagnie du Simplon risqueraient de rencontrer précisément le sommet de la voûte des miscaschistes inférieures, et, par conséquent, d'avoir un beaucoup plus long trajet dans ce gypse, si toutefois celui-ci forme un banc continu sous le Teggiolo.

« *d*) La traversée du *gneiss d'Antigorio*, roche la plus dure et la plus résistante au percement, se trouverait considérablement abrégée; elle serait de 3 kilomètres environ au lieu de 6, et le surplus serait remplacé par des schistes cristallins plus tendres à percer, mais néanmoins assez résistants pour qu'on n'ait pas à craindre des pressions considérables et par conséquent pas à prévoir des revêtements d'épaisseur exceptionnelle, surtout si l'on considère que le gneiss compact d'Antigorio les recouvre en voûte.

« *e*) Quant aux infiltrations ordinaires aux travers des terrains non gypseux, les chances de les voir se produire sont à peu près les mêmes dans le projet coudé que dans le tracé bas de 1877, c'est-à-dire bien plus favorables que pour le tracé haut (longueur 18k, 507) de même date. Si le nouveau tracé suit autant que possible les thalwegs, il le fait cependant à une profondeur qui varie de 625 à 1000 mètres, ce qui réduit singulièrement les chances d'infiltration. Au contraire, dans sa partie nord, où la profondeur est bien moindre, il s'éloigne beaucoup de la Saltine, dont les infiltrations, au travers des schistes lustrés presques verticaux, eussent été à redouter.

« Voilà quels me paraissent être les avantages du nouveau tracé coudé. Quant à ses désavantages, sauf son petit excédent de longueur, je n'en connais aucun.

« J'ajoute qu'on trouvera facilement à proximité des deux entrées du tunnel, d'excellents matériaux de construction, soit pour les revêtements, soit pour les autres travaux d'art. A la tête sud vous aurez le gneiss d'Antigorio, qui forme les deux flancs du val di Vedro. Vis-à-vis de la tête nord vous trouverez des matériaux analogues dans les gneiss des environs de Naters qui s'étendent de droite et de gauche, le long du versant nord de la vallée du Rhône. »

Conditions d'exécution du grand tunnel.

a) Forces motrices.

Les forces motrices qui sont à disposition des deux côtés sont très considérables ; elles peuvent pour ainsi dire être augmentées à volonté dans les limites dans lesquelles les chutes d'eau sont encore pratiquement utilisables.

Du côté nord on a à sa disposition l'eau du Rhône avec un débit minimum de 14,400 litres, et une chute qui peut aller au besoin jusqu'à 50 mètres ; et la Massa et la Saltine, avec des débits de 400 à 700 litres et des chutes très fortes. Du côté sud on a la Diveria et la Cherasca, la première avec 1,100 litres et la seconde avec 1250 litres par seconde.

Ces débits correspondent à des jaugeages qui ont été faits dans l'hiver si exceptionnellement sec 1881-1882.

Ce sont des minima observés.

En restant dans des suppositions modérées pour l'utilisation des chutes, on peut compter sur une force effective de 4000 à 7000 chevaux du côté nord et de 3000 à 4000 chevaux du côté sud. On se trouverait ainsi dans des conditions bien supérieures à celles que l'on a eues au Gothard et à l'Arlberg.

Si l'on donnait suite à l'idée de percer des puits dans les vallées de la Ganther et de Campo, question sur laquelle nous reviendrons, on trouverait dans les cours supérieurs de la Saltine et de la Cherasca des forces motrices suffisantes pour le forage de ces puits.

b) Programme d'organisation des chantiers.

Passant au programme pour l'exécution du grand tunnel, je dirai qu'après les expériences faites au mont Cenis, au Gothard et à l'Arlberg, il m'a paru qu'il n'y a plus aucun doute à avoir quant à la supériorité de la galerie de base sur la galerie de faîte. Cette opinion avait été émise en juin 1881 dans un article de la *Revue générale des chemins de fer*, par M. Jules Michel, ingénieur en chef à la compagnie P.-L.-M. qui venait d'appliquer ce système à la galerie de raccordement du tunnel du mont Cenis à Modane.

Tout récemment et postérieurement à la publication de notre mémoire technique, notre éminent collègue, M. Gustave Bridel, ingénieur en chef du Gothard, vient de confirmer cette opinion dans un remarquable travail qu'il a communiqué à la Société.

En résumé on percerait une galerie de base de $2^m,75$ à 3 mètres de large et de $2^m,50$ de hauteur (de $6^{m2},875$ à $7^{m2},50$ de section).

A 100 mètres en arrière du front d'attaque elle serait suivie d'une galerie de faîte de $2^m,30$ de large sur 2 mètres de haut ou $4^{m2},60$ de section transversale. Celle-ci se pratique au moyen de cheminées verticales boisées distantes de 30 mètres à 60 mètres ; ces cheminées servent de trémies pour décharger les déblais dans les wagons qui se trouvent sur voie dans la galerie inférieure et pour monter les matériaux pour la voûte. On peut immédiatement après procéder à l'élargissement de la calotte, et l'achèvement peut suivre le front d'attaque à 150, à 180 jours d'intervalle comme cela s'est vérifié au tunnel de l'Arlberg.

Quant au mode de perforation nous pensons que les résultats que

l'on obtiendra à l'Arlberg jusqu'à l'achèvement indiqueront s'il y aura lieu d'adopter le système à air comprimé et à percussion de M. Ferroux ou de donner la préférence au système de la perforatrice rotative et à eau comprimée à 100 atmosphères de M. Brandt.

Jusqu'ici à l'Arlberg les deux systèmes ont donné des avancements équivalents, mais les conditions n'étaient pas identiques.

Toutefois le système Brandt est plus économique d'installation, consomme moins de force motrice et en laisse une plus grande partie disponible pour la ventilation.

J'ai supposé que, pour cette ventilation, on introduirait dans le tunnel la plus grande quantité d'air possible, c'est-à-dire au moins 200^{m3}, par minute à une pression relativement faible, et que cet air serait refroidi le plus possible avant son introduction ; j'ai supposé aussi que l'on adopterait des dispositions spéciales pour l'extraction de l'air vicié par la galerie supérieure avec des cheminées d'appel vers les têtes.

Si l'on établissait les puits dont j'ai parlé, ceux-ci permettraient d'améliorer la ventilation dans une mesure considérable.

Il est évident que ces conditions de ventilation compenseront bien au delà l'élévation de la température intérieure de 3° à 4° centigrades que l'on peut s'attendre à rencontrer par rapport à celle rencontrée au Gothard.

Nous avons aussi prévu l'introduction d'eau potable dans le tunnel, celles de fosses mobiles pour compléter les dispositions hygiéniques si indispensables.

c) Durée probable et devis des travaux.

En ce qui concerne la durée probable on s'est basé sur les résultats obtenus à l'Arlberg. Depuis le commencement de la perforation mécanique, en novembre 1880 jusqu'au 31 mars 1883, l'avancement moyen y a été de 4^m, 30, dans les 12 derniers mois il a été de 4^m, 90 par jour.

Nous avons admis 4^m, 50 *par jour;* ce qui donnerait 20,000 mètres ; 2,222 *jours* ou 6 *ans* et 32 *jours*, en tenant compte de la période d'installation, du travail à la main et du temps qui devra s'écouler entre la rencontre des galeries et l'achèvement complet (fixé par contrat à 180 jours à l'Arlberg), nous avons supposé *une durée de* 7 *ans*.

Pour l'établissement du devis, nous avons admis le même système qu'à l'Arlberg, système qui a donné de bons résultats.

Tout d'abord, nous avons supposé que toutes les installations seraient faites par la Compagnie et à ses frais, et nous en avons fait une estimation détaillée qui arrive à *sept et demi* millions (Gothard 6 millions, Arlberg 3 1/2 millions).

Nous avons aussi établi une série de prix détaillée de tous les travaux en tenant compte du transport des matériaux aux têtes de tunnel.

Remarquons ici que, en ce qui concerne les transports, le Simplon se trouve dans des conditions exceptionnellement avantageuses.

Au nord, la ligne est en exploitation jusqu'à la tête du tunnel, et du côté sud on peut admettre que, quand on construira le tunnel, la ligne sera exploitée jusqu'à Domo d'Ossola, d'où les frais de transport à la tête du tunnel par la route du Simplon ne s'élèveront pas à plus de 10 *francs par tonne.*

Ces frais pourraient être diminués encore en établissant sur la route, qui s'y prête facilement, un railway provisoire dont les matériaux pourraient être réutilisés pour les voies définitives.

Cette influence des frais de transport sur les prix de revient est énorme ; ainsi, par exemple, pour les chaux et ciments seuls l'économie serait de 50 francs par tonne, comparée au prix des transports Gothard. Ce qui correspond à 15 francs par mètre courant de tunnel. Cette influence s'exercera aussi sur les installations ; machines, tuyaux, matériel de transport, et sur les produits pour l'alimentation des ouvriers.

Les prix adoptés sont les suivants :

1° Galerie de base, 450 francs par mètre courant pour le premier kilomètre et 25 francs de majoration par chaque kilomètre d'avancement :

(Arlberg 315 francs, et 21 francs par kilomètre).

2° Galerie de faîte, 250 francs par mètre courant pour le premier kilomètre et 15 francs de majoration par chaque kilomètre d'avancement :

(Arlberg 210 francs et 10 fr. 50).

3° Pour les abattages au large on a compté 25 francs le mètre cube plus 1 franc de majoration par mètre cube et par kilomètre :

(Arlberg 16 fr. 80 et 85 centimes).

4° Quant aux maçonneries de revêtement, il a été dressé une série de prix pour ces travaux comme s'ils étaient censés exécutés aux têtes du tunnel; ces prix ont été majorés une première fois de 40 pour 100 en moyenne, pour tenir compte des difficultés spéciales d'exécution dans un grand tunnel.

Outre cette première majoration, il a été appliqué une seconde majoration kilométrique qui varie de 1 fr. 25 le mètre cube pour la maçonnerie de moellons bruts jusqu'à 5 francs le mètre cube pour celle de pierre d'appareil.

Ces prix d'unité ont été appliqués aux quantités résultant des métrés des onze profils types, et l'on a ainsi déterminé, pour chacun de ces types, ce qu'il y a à ajouter au prix des deux galeries pour avoir le prix total par mètre courant de tunnel fini.

Le profil du vide du tunnel est de $8^{m},20$ de largeur et de $6^{m},10$ en hauteur. Le premier type est celui qui ne prévoit pas de revêtement; il n'a pas été pris en considération dans les estimations.

Pour les types qui suivent, les épaisseurs de la voûte croissent depuis $0^{m},40$ à 1 mètre, et celles des piédroits de $0^{m},40$ à $1^{m},30$; dans les profils les plus forts, correspondant aux roches où l'on pourrait craindre des poussées, on a prévu un radier en voûte renversée de $0^{m},65$ à $0^{m},85$ d'épaisseur.

Pour les types ordinaires, la voûte ainsi que les piédroits seraient construits en bons moellons bruts, mais lités avec du mortier de chaux hydraulique de la meilleure qualité, et là où l'on peut craindre une forte pression on emploierait des moellons d'appareils ou de la pierre de taille avec du ciment de Portland.

Les longueurs sur lesquelles seraient appliqués les différents types sont basées sur les résultats de l'expertise géologique en tenant compte de ce qui a été fait au tunnel du Gothard dans des formations analogues.

Le type d'épaisseur minimum a été prévu sur 74 pour 100, tandis qu'au Gothard il a été appliqué sur 78.5 pour 100, quoique l'expertise géologique prévoie des conditions meilleures au Simplon que celles que l'on a rencontrées au Gothard.

Il ressort des prix ci-dessus que l'excavation seule du tunnel reviendrait à 2,200 francs par mètre courant, tandis qu'à l'Arlberg elle reviendra à 1,502 francs.

En faisant rentrer dans ces prix les installations mécaniques

(comptées, comme on l'a vu, à 7 1/2 millions) on aurait un prix de 2,575 francs par mètre courant, tandis qu'au Gothard il a été de 2,800 francs le mètre courant (on sait qu'au Gothard les installations étaient à la charge de l'entreprise et comprise dans le forfait). Notre prix serait donc de 32 pour 100 plus haut qu'à l'Arlberg et de 8.8 pour 100 au-dessous de celui du Gothard, ce qui fait voir que l'on a tenu compte des difficultés plus grandes qu'à l'Arlberg et des progrès réalisés depuis les travaux du Gothard. (Rappelons que le tunnel du mont Cenis, dont la construction a précédé immédiatement celle du Gothard, a coûté 6,500 francs le mètre courant et le Gothard 4,000 francs.)

Si l'on rapproche les rubriques correspondantes des devis très détaillés que nous avons établis pour le grand tunnel du Simplon avec les décomptes établis par la Compagnie pour le tunnel du Gothard, en laissant de côté, pour ce dernier, les réclamations de l'entreprise qui font l'objet d'un procès; on voit que, pour le premier, les frais de construction proprement dits ont été évalués à 64,466,000 francs, et pour le second à 55,256,000 francs, ou par mètre courant, pour le tunnel du Simplon, 3,228 francs, et pour celui du Gothard à 3,700 francs le mètre.

Le coût total avec les frais généraux, la superstructure à double voie est évalué à 73,100,000 francs pour 20 kilomètres, soit 3,655 fr. par mètre courant.

Nous avons la conviction qu'à l'occasion d'une mise en adjudication on obtiendra d'importants rabais.

IV

Ligne d'accès nord et gare internationale.

La tête nord du grand tunnel serait à une distance de 2,448^{m},50 de l'axe de la gare actuelle de Brigue, en remontant le cours du Rhône, et à une altitude de 689 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit à 4 mètres environ au-dessus du niveau des hautes eaux du Rhône.

L'espace compris entre ces deux points se compose des glariers ou lit d'alluvions du Rhône. Il y aurait à exécuter une correction partielle

de cette rivière près de la tête du tunnel. Ce magnifique emplacement se prêterait parfaitement à l'établissement de la gare internationale en même temps qu'aux nombreuses installations pour la perforation, et offrirait des espaces plus que suffisants pour cela.

La plate-forme s'obtiendrait au moyen des déblais du tunnel représentant 650,000 mètres cubes environ. Le devis de cette section est de 2,400,000 francs, dont 350,000 francs correspondent à l'établissement de la double voie et 2,050,000 francs représentent les installations de la gare internationale conçue sur la base de celles de Modane, Vintimille, Luino et Chiasso.

Une variante du tracé éloignant un peu plus la gare de la ville de Brigue, permettrait de réduire cette dépense de 120,000 francs, soit à 2,280,000 francs.

V

Ligne d'accès sud.

D'une manière générale nous dirons que la rive droite de la Diveria se prête plus facilement que la rive gauche aux tracés directs à faibles pentes, parce que, à l'exception de la traversée du coteau de Varzo, relativement facile, on rencontre sur la rive gauche, sur 6 kilomètres, de Riceno à Crévola, des parois de rochers abrupts et déchirés, et des éboulis récents; en outre, il faut nécessairement franchir la Diveria à Crévola pour rejoindre la rive droite, ce qui, avec les tracés à faibles pentes, se ferait à une grande hauteur et nécessiterait un viaduc gigantesque.

Nous allons décrire les différents tracés en présence dans l'ordre de succession des rampes.

1° *Tracé sur la rive droite de la Diveria et de la Toce avec déclivité de* $0^m,0125$ *se raccordant à Piedimulera.*

Ce tracé traverse la Diveria de suite après la sortie du grand tunnel sur un pont biais de 30 mètres d'ouverture droite et de 7 mètres de hauteur, après lequel se trouve la gare commune aux localités d'Iselle et de Varzo. Il suit constamment la rive droite à une assez grande hauteur au-dessus du thalweg, franchissant plusieurs ravins au moyen de viaducs. Après le défilé de Crévola, le tracé suit la rive droite de la

vallée de la Toce, pénétrant de 2 kilomètres dans la vallée latérale de Bognanco, où il se développe par deux tunnels et traverse la rivière de la Bogna par un viaduc de 59 mètres de longueur et de 15 mètres de hauteur. Il passe au-dessus de la ville de Domo d'Ossola sur la colline du Calvaire, à 95 mètres au-dessus de cette localité, point où serait établi une station.

Il continue à se développer sur le flanc droit de la grande vallée de la Toce, passant au-dessus de Villa d'Ossola, où il traverse le val d'Antrona, au-dessus de Pallanzeno, et vient rejoindre à Piedimulera, à 11 kilomètres environ au sud de Domo et au débouché de la vallée d'Anzasca, la ligne que construit actuellement le gouvernement italien de Gozzano à Domo.

Nous supposons que cette ligne, dont l'infrastructure est construite depuis vingt ans entre Piedimulera et Domo, sera poussée jusqu'à cette dernière ville, qui sera ainsi raccordée avec la ligne internationale et aura, en outre, comme nous l'avons dit plus haut, une gare haute au passage de celle-ci.

La longueur totale dès la tête du tunnel à Piedimulera est de 31 kilomètres 539 mètres.

Dont en alignements.	13^k,330, soit le	42.3 °/o
— courbes.	18^k,209, soit le	57.7 °/o
Total.	31^k,539, soit le	100 °/o

Le minimum du rayon des courbes est de 300 mètres. Ces dernières, au nombre de 21, ont un développement total de 4 kil. 92, soit le 13 pour 100 de la longueur totale.

L'altitude de la sortie du tunnel est de 627^m,83, celle de Piedimulera 247^m,13, soit une différence de 280^m,70, qui est rachetée au moyen d'une pente de 0^m,0125 sur 30 kil. 313, le reste de la longueur correspondant aux paliers des gares.

Ce qui a engagé à adopter cette déclivité de 0^m,0125, ce n'est pas seulement parce que c'était celle qui était indiquée dans les projets-programmes pour la traversée du mont Blanc, mais aussi parce que cette même déclivité régnant sur la ligne en construction de Gozzano à Piedimulera, il était naturel de chercher à continuer le même régime de pentes jusqu'à la tête du grand tunnel.

Cette ligne est assez accidentée ; on y rencontre :

35 tunnels d'une longueur totale de 9,667 mètres, soit le 30,65 pour 100 de la longueur totale ; le plus long a 2,040 mètres ;

23 viaducs d'une longueur totale de 1,423 mètres, soit le 4, 5 pour 100 ;

88 ouvrages d'art courants, sous la voie, aqueducs, passages inférieurs, etc ;

6 passages supérieurs ;

24 passages à niveau ;

4 gares, et 24 maisons de gardes.

Le devis estimatif a été basé sur un métré et un mouvement des terres établis au moyen de profils en travers distants de 20 mètres et sur des projets détaillés avec métrés à l'appui pour tous les ouvrages d'art.

A ces quantités on a appliqué les prix d'unité d'une série analytique détaillée, établie d'après les matériaux en usage dans le pays en tenant compte des transports jusqu'à pied d'œuvre.

Le total de ce devis ainsi établi et pour la double voie complète et posée s'élève à 29,500,000 francs avec 10 ou 11 pour 100 pour imprévus ; ce qui fait ressortir un coût kilométrique de 935,332 francs.

On a calculé ce que coûterait la ligne en faisant, comme au Gothard, l'infrastructure à simple voie partout où son élargissement subséquent ne causerait pas de surcroît de faux frais, et en ne posant qu'une voie. — Il y aurait ainsi une économie de 5,800,000 francs, ramenant la dépense totale à 23,700,000 francs et à 751,436 francs par kilomètre.

2° *Tracé sur la rive gauche de la Diveria avec déclivité de* 0m,013, *et développement dans le val d'Antigorio, se raccordant à Domo d'Ossola.*

Cette idée d'utiliser la vallée d'Antigorio afin d'obtenir le développement nécessaire pour venir rejoindre avec de faibles rampes à Domo d'Ossola, la ligne construite, a été présentée en 1874 par M. Clo, ingénieur valaisan qui en dressa un avant-projet. M. Louis Favre, l'ancien entrepreneur du tunnel du Gothard, la fit étudier d'un peu plus près, sur le terrain et en présenta, en 1875, un avant-projet. — L'un et l'autre comportaient des rampes de 0m, 015. — Pour diminuer encore la rampe il suffit d'allonger le lacet et de pénétrer un peu plus en avant dans la vallée.

En juin 1881 je présentai à la commission parlementaire française

un avant-projet avec rampe de $0^m,0135$. — Le projet qui est figuré sur nos plans comporte une rampe de $0^m,0130$.

Depuis la tête sud du grand tunnel jusqu'à Crévola, le tracé suit la rive gauche de la Diveria, ce qui permet de desservir, par une gare plus rapprochée, l'importante agglomération de Varzo au débouché de la vallée de la Cherasca.

A Crévola on contourne le contrefort de la Colma qui sépare les deux vallées de la Diveria et de la Toce, qui, dès ce point, en amont, prend le nom de val Antigorio ; on continue à s'abaisser, mais en remontant cette vallée par la rive droite que l'on traverserait à Rencio Dentro au-dessous de Crodo et on continuerait à s'abaisser en redescendant le long de la rive gauche. — Près de Maséra on traverserait, par des viaducs assez importants, les rivières de l'Isorno et de la Melezza; cette dernière sort du val Vigezzo, et peu après, on traverserait de nouveau la Toce en face de Domo par un viaduc de 180 mètres de longueur et 10 mètres de hauteur, et l'on établirait la gare de Domo entre la ville et la rivière dans une position un peu différente de celle que lui avaient assignée les travaux exécutés en 1860. — Immédiatement après cette gare on rejoindrait les anciens travaux.

La longueur totale à construire serait de 29 kilomètres. — La dénivellation est de $358^m,95$; la gare de Domo étant à la cote de $269^m,44$.

Il y aurait donc, à l'exception des gares en rampes de $0^m,0025$, une rampe constante de $0^m,013$.

Les gares seraient au nombre de 5.

Une gare commune à Iselle et Varzo située à Varzo ; une à Ponte-Manlio dans le val Antigorio, desservant Crodo et le haut de cette vallée ; une à Maséra desservant Crévola et enfin la gare de Domo.

Ce tracé desservirait donc beaucoup mieux les intérêts locaux ; mais comparé au précédent il a le tort d'allonger le parcours de $7^k,381$ en distance réelle et de $14^k,713$ si l'on tient compte des distances virtuelles.

Le coût en a été évalué à 26,447,500 francs ce qui fait 911,983 fr. par kilomètre.

La réduction à une voie, dans le sens indiqué pour le précédent tracé, donnerait une économie de 4,100,000 francs et réduirait la dépense à 22,347,500 francs ou 770,600 francs par kilomètre.

3° *Tracé sur la rive droite de la Diveria et de la Toce avec déclivité de $0^m,018$, et développement hélicoïdal, se raccordant à Villa d'Ossola.*

Le point de départ de ce tracé et la gare d'Iselle-Varzo sont identiques avec le tracé n° 1. — Il suit jusque vis-à-vis de Crévola la même direction en se rapprochant un peu plus du thalweg. — A ce point là, soit au kilomètre 33 (compté de Brigue), commence un développement hélicoïdal de 2,820 mètres sous le mont de Bosco, ce développement tracé au rayon de 450 mètres et avec une rampe de $0^m,016$ (ceux du Gothard ont 300 mètres et des rampes de $0^m,024$) est composé de trois tunnels séparés par des parties à ciel ouvert ; le plus long de ces tunnels a 2,030 mètres. — A la sortie de ce tunnel se trouve la station de Crévola-Préglia ; de là le tracé suit le flanc droit de la vallée de la Toce en se rapprochant de la Bogna qu'il traverse à sa sortie de la gorge près de Mocogna.

En dessous de Vagna se trouverait l'emplacement de la gare de Domo d'Ossola; à l'altitude de $320^m,50$, soit à 40 mètres au-dessus de la ville et à distance de 800 mètres de celle-ci.

On contourne le mamelon du Calvaire et à Villa d'Ossola, au débouché du val d'Antrona ou de la rivière de l'Ovesca, sur la rive droite de celle-ci, on vient rejoindre les travaux exécutés en 1860 ; ce point est situé à $5^k,500$ mètres de Domo et c'est à cette longueur que se réduirait l'embranchement pour lequel on utiliserait les anciens travaux,

La longueur totale de la tête sud du grand tunnel au point de raccordement serait de $25^k,216^m,2$.

dont en alignements.	$11^k,116^m,6$ ou 44,1 %
— en courbes	$14^k,099^m,6$ ou 55,9 %
Total.	$25^k,216^m,2$ ou 100 %

Parmi les courbes il y en 13 avec un développement de 1, $879^m,8$ (7,5 pour 100 de la longueur totale) au rayon minimum de 300 mètres.

Il y a 3 paliers de gare longueur $1^k,279^m,23$.

La rampe de $0^m,018$ règne sur $13^k,617^m,8$.

Les rampes de $0^m,016$, et $0^m,0164$ sur $3^k,860$.
(dans le développement hélicoïdal).

La rampe de $0^m,010$ entre Domo et Villa d'Ossola, sur $6^k,418^m,5$.

Les tunnels sont au nombre de 10, mesurant une longueur de 4,295 mètres ou 17 pour 100 du total.

Les viaducs sont au nombre de 12, mesurant une longueur totale de 875 mètres ou 3,3 pour 100 du total.

Les gares sont au nombre de 4 :

Iselle-Varzo, Crévola-Préglia, Domo d'Ossola et Villa d'Ossola.

Le devis s'élève en totalité à 22,300,000 francs ce qui donne 884,351 francs par kilomètre.

L'économie pour la réduction à une voie, dans le sens indiqué au projet n° 1, serait de 3,500,000 francs réduisant la dépense totale à 18,800,000 francs.

4° *Tracé sur la rive droite de la Diveria avec déclivité de* $0^m,020$ *jusqu'à Domo et* $0^m,012$ *au delà se raccordant à Villa d'Ossola.*

Ce tracé suit de très près le précédent en se rapprochant encore un peu plus du thalweg. Il n'a pas le développement hélicoïdal sous la colline de Bosco. La gare d'Iselle-Varzo est la même que pour les n°s 1 et 3; celle de Préglia-Crévola se rapproche beaucoup de celle du n° 3. Celle de Domo d'Ossola est également au-dessous de Vagna à la cote 334 mètres, soit 54 mètres au-dessus de la ville.

La longueur totale est de $22^k,570$ mètres. — La proportion des courbes est sensiblement la même que pour le précédent.

Il y a une pente de $0^m,020$ sur.	$14^k,000$
— — $0^m,0125$ sur.	$7^k,000$
et les paliers de gare sur.	$1^k,570$

Le devis total s'élève à 17,300,000 francs soit par kilomètre à 766,504 francs.

La réduction à une voie, dans le sens indiqué au N° 1, donnerait 3,000,000 francs et ramènerait cette dépense à 14,200,000 francs.

5° *Tracé sur la rive gauche de la Diveria et droite de la Toce avec déclivité de* $0^m,020$ *et développement hélicoïdal se raccordant à Domo d'Ossola.*

Contrairement aux précédents, il suit, depuis la tête sud du grand tunnel, la rive gauche de la Diveria, passant par le coteau de Varzo, où l'on pourra placer une station, depuis Riceno (28 kil.) jusqu'à Morgantini (34 kil.); il longe le pied des escarpements; à ce dernier endroit commencerait un développement hélicoïdal de 350 à 360 mètres de rayon, dans lequel la rampe est réduite à $0^m,016$. Ce développement a une longueur de 2,200 mètres se composant de deux tunnels, l'un

de 490 mètres, l'autre de 1,670 mètres séparés par une partie à ciel ouvert de 400 mètres.

Le plus grand tunnel situé entre les deux vallées de la Diveria et d'Antigorio pourrait être attaqué par plusieurs fenêtres latérales de faible profondeur. A la sortie de ce tunnel le tracé franchirait la Diveria sur un pont de 60 mètres, côtoierait le flanc de la vallée et, en dessous de Caddo, traverserait la Bogna pour gagner la gare de Domo d'Ossola et rejoindre les travaux exécutés en 1860.

La longueur à construire depuis la tête sud serait de 20 kilomètres 191 mètres.

Dont en alignements.	9k,126 ou	45.2 °/o
— en courbes.	11k,065 ou	54.8 °/o
Total égal.	20k,191 ou	100 °/o

Les courbes de 300 sont au nombre de vingt, mesurant 4,292 mètres ou le 20.5 pour 100 de la longueur de la ligne.

Les tunnels sont au nombre de dix, mesurant une longueur de 2,620 mètres ou 12.97 pour 100 du total.

Les viaducs sont au nombre de douze, mesurant une longueur de 489 mètres ou 2.42 pour 100 du total.

Le devis total s'élève à 17,750,000 francs, soit 869,172 francs par kilomètre.

La réduction pour une voie dans le sens indiqué au n° 1 donnerait une économie de 2,800,000 francs, ce qui réduirait la dépense à 14,750,000 francs.

6° *Tracé sur la rive gauche de la Diveria et droite de la Toce, avec rampe de* 0m,020, *sans développement hélicoïdal, se raccordant à Villa d'Ossola.*

Ce tracé est identique au précédent n° 5 jusqu'à Morgantini (33 kil. 500); mais là, au lieu d'entrer en développement hélicoïdal, il franchit la Diveria par un viaduc avec une travée centrale de 60 mètres et trois arches de 15 mètres.

A partir de ce point, il suit d'assez près le tracé n° 3. La gare de Domo serait également située au-dessous de Vagna à la cote 320m,42, soit à 40 mètres au-dessus de la ville.

Nous avons :

69 alignements	10^{k},435 soit	44.6 °/$_0$
69 courbes	12^{k},497 soit	55.4 °/$_0$
Longueur totale.	23^{k},382 soit	100 °/$_0$

Les courbes de 300 mètres de rayon, au nombre de vingt-cinq, ont un développement de 5 kil. 064, soit 21.2 pour 100 du total.

Nous avons :

2 rampes de 0^{m},020.	11^{k},560	
1 — de 0^{m},01857. . . .	4^{k},104	
1 — de 0^{m},010.	6^{k},418	(de Domo à Villa d'Ossola.)
3 paliers de gare.	1^{k},300	
Total.	23^{k},382	

Il y a quatre stations :

Celle d'Iselle-Varzo à Varzo, de Crévola-Préglia, de Domo d'Ossola et de Villa d'Ossola.

Il y a huit tunnels, mesurant ensemble une longueur totale de 670 mètres ou 2.87 pour 100 du total.

Les viaducs, au nombre de douze, mesurant ensemble 681 mètres ou 2.91 pour 100 du total.

Le devis s'élève à la somme totale de 17,170,000 francs, soit par kilomètre 734,328 francs.

L'économie que procurerait l'ajournement de la double voie serait de 3,200,000 francs, ce qui réduirait la dépense à 13,970,000 francs.

7° *Tracé sur la rive droite de la Diveria et de la Toce avec rampe de* 0^{m},022 *se raccordant près de Domo d'Ossola.*

Ce tracé n'a été examiné que superficiellement; parce qu'il ne comporte pas assez de développement pour venir se raccorder à l'emplacement pour la gare de Domo, ménagé par les travaux de 1861, et qu'il comporte encore une rampe de 0^{m},022 en aval de Domo, jusqu'au point de raccordement avec les anciens travaux, à 1 kilomètre au delà du passage à niveau de la route du Simplon, ce qui est un inconvénient sérieux.

La longueur totale, dès la tête sud du tunnel, serait de 17 kilomètres 817 mètres.

Le devis total s'élèverait à 15,100,000 francs.

L'ajournement de la double voie procurerait une économie de 2,200,000 francs et réduirait la dépense à 12,900,000 francs.

8° *Tracé sur la rive gauche de la Diveria et droite de la Toce, avec rampe de* $0^m,022$ *se raccordant à Domo d'Ossola.*

Ce projet est celui que M. Lommel a figuré par l'indication de son axe sur la seconde édition chromolithographiée des plans présentés en 1878, édition qui a paru à la fin de 1881.

Il a été décrit dans une brochure qu'il a publiée en octobre 1882 et dont nous n'avons eu connaissance qu'après que notre mémoire technique eut été rédigé. La position de l'axe du grand tunnel, dont il indique la longueur à 19 kil. 600 mètres doit se rapprocher beaucoup, au moins en ce qui concerne la tête sud, du premier tracé en ligne droite que nous avons admis comme base. Cette position du tunnel avait déjà été indiquée par M. Lommel dans sa brochure intitulée : *Étude de la question de la chaleur centrale,* etc. (Lausanne, impr. Corbaz et Cie, 1880.)

La longueur de la ligne, dès la tête sud du grand tunnel, à la gare de Domo d'Ossola, est indiquée par M. Lommel à 17 kil. 500 mètres.

Quant à son évaluation, nous y avions appliqué les mêmes bases qu'à notre tracé n° 6, qu'il suit de très près, et nous sommes arrivé à un chiffre de 13,600,000 francs, soit 750,000 francs par kilomètre.

L'économie que peut procurer pour ce tracé l'ajournement de la double voie peut être évaluée à 2 millions, ce qui réduirait la dépense à 11,600,000 francs.

Dans sa brochure d'octobre 1882, M. Lommel évalue le coût de cette ligne à 13,100,000 francs, soit à 500,000 francs de moins que nous, il y parle bien des prix d'unités appliqués, mais il ne donne aucun détail de son devis, il nous est donc impossible de nous rendre compte de la différence de nos estimations.

9° *Tracé sur la rive gauche de la Diveria avec déclivité de* $0^m0,237$, *se raccordant à Domo d'Ossola.*

Ce tracé est celui de la Compagnie du Simplon de 1878, qui a fait

l'objet de la communication de MM. Huber et Lommel et dont la description se trouve dans les mémoires et comptes rendus de cette année.

Nous nous dispenserons donc de le décrire à nouveau.

En ce qui concerne les lignes d'accès, nous avons revu les estimations de M. Lommel; nous avons supprimé, à la gare de Brigue, tout ce qui concernait les ateliers du matériel roulant, que nous estimons inutiles, et nous avons appliqué les prix de notre série, qui sont un peu plus bas, afin de les rendre comparables avec les nôtres.

C'est ainsi que, pour la ligne d'accès nord et la gare de Brigue, nous avons porté 4,600,000 francs au lieu de 5,336,000 francs, et pour la ligne d'accès sud 15,800,000 francs au lieu de 16,843,000 francs.

Pour le grand tunnel nous avons cru devoir maintenir le prix de 4,000 francs le mètre courant, frais généraux, voie et matériel compris au lieu de 3,665 francs que nous avons compté, et cela à cause des plus grandes difficultés de terrains que l'on y rencontrerait vers la tête nord, du supplément de boisages et de revêtements en maçonneries qui en seraient la conséquence; et à cause des plus grandes difficultés que créerait l'augmentation probable de la chaleur dans le massif central, augmentation qui, nous l'avons dit, serait probablement de 10° à 12° (34° à 36° contre 45° à 47°).

Dans le tableau récapitulatif qui suit, nous avons résumé chacun de ces tracés. Nous y avons ajouté la comparaison des distances, réelles et virtuelles, entre Brigue et Gozzano, tête de ligne du réseau italien dans la direction de Novare. Si l'on ajoute 4k,5, aux distances réelles et virtuelles on aura les distances qui relient Brigue à Arona, tête de ligne dans la direction de Milan à Plaisance.

La ligne de Ornavasso à Arona, le long de la rive droite du lac Majeur était la direction adoptée par l'ancienne Compagnie d'Italie en 1860. Le gouvernement italien a décrété et il construit la ligne Domo à Gozzano, sur laquelle la première se bifurquerait à Ornavasso. Mais la municipalité et le Conseil provincial de Milan ont fait étudier à nouveau par M. l'ingénieur Pensa, le tracé plus facile et plus direct sur Arona.

Il est hors de doute que lorsque la percée du Simplon sera décidée, cette seconde ligne s'exécutera aussi.

Pour le calcul des distances virtuelles ou majorées en raison des rampes, nous nous sommes servi de la formule de M. Amiot (*Annales*

TABLEAU COMPARATIF. — RÉSUMÉ DES DIVERS TRACÉS.

Nos	DÉSIGNATION DES TRACÉS	LONGUEUR de la Rampe Sud à construire	COUT TOTAL de la Rampe Sud	DISTANCES de Brigue à Gozzano		DIFFÉRENCES rapportées au numéro 1	
				Réelles	Virtuelles	Réelles	Virtuelles
		Kil.	Francs.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1	Tracé, rampe 0m,0125 rive droite se raccordant à Piedimulera.	31.540	29.500.000	96.977	116.372	»	»
2	Tracé, rampe à 0m,0130 rive gauche et Val Antigorio se raccordant à Domo	29.000	26.477.500	104.358	131.085	+ 7.381	+ 14.713
3	Tracé rive droite, rampe 0m.018, développement hélicoïdal, se raccordant à Villa	25.216	22.300.000	95.500	127.387	— 1.477	+ 11.015
4	Tracé, rampe 0m,020 rive droite, sans développement hélicoïdal se raccordant à Villa	22.570	17.300.000	92.292	122.461	— 4.685	+ 6.089
5	Tracé, rampe 0m,020 rive gauche Diveria, développement hélicoïdal se raccordant à Domo	20.192	17.550.000	95.549	128.101	— 1.428	+ 11.729
6	Tracé, rampe 0m,020 rivè gauche Diveria, sans développement hélicoïdal se raccordant à Villa	23.382	17.170.000	93.666	123.616	— 3.311	+ 7.244
7	Tracé rive droite Diveria, rampe 0m,022 se raccordant près de Domo	17.817	15.100.000	92.629	125.383	— 4.348	+ 9.011
8	Tracé rive gauche de la Diveria, rampe 0m,022 se raccordant à Domo (Projet Lommel de 1881-82)	17.221	13.000.000	93.189	125.865	— 3.788	+ 9.403
9	Tracé rive gauche de la Diveria, rampe de 0m,0237, se raccordant à Domo (Projet de la Cie du Simplon de 1878)	20.077	15.800 000	92.134	130 291	— 4.843	+ 13.919

des mines, septembre et octobre 1879), en ne majorant que les rampes au-dessus de 0m,008.

Les indications que nous venons de donner sont tout à fait sommaires, le cadre de cette publication ne nous permettait pas d'entrer dans plus de détails :

Les membres de la Société qui s'intéresseraient à la question trouveront dans le dossier complet que j'ai remis à la Société et qui est déposé à la Bibliothèque, tous les détails : plans de situation, profils en long, profils en travers, types, analyse détaillée des prix, devis détaillés, etc[1].

Nous n'avons pas la prétention de donner le projet n° 1, avec rampe à 0m,0125 comme la meilleure solution possible.

Si l'on prend le parcours de Piedimulera à la tête sud du tunnel et que l'on compare les économies de traction que donnerait ce tracé sur ceux à rampes plus fortes de 0m,020 et 0m,022, on se convaincrait facilement que cette économie est loin de représenter l'intérêt de l'augmentation des capitaux engagés dans la construction, soit 12 à 16 millions.

Mais la question ne doit pas être envisagée à un point de vue aussi restreint.

La traversée du Simplon par un chemin de fer doit avoir pour but de rendre aux railways français la plus grande partie du trafic pour l'Italie que leur a enlevé le Gothard.

Il faut donc que cette ligne concurrente présente sur celle du Gothard une supériorité incontestée dans ses conditions d'établissement.

Les avantages que l'on obtiendrait en améliorant ainsi la ligne d'accès sud, la seule un peu difficile, se reporteront sur les lignes françaises, suisses et italiennes qui aboutissent à ce passage et permettront d'entreprendre hardiment la lutte des tarifs.

En faisant ainsi une étude comparative complète, nous avons cherché à éviter que, au moment où les pouvoirs publics des pays intéressés à la traversée du Simplon auront à se prononcer sur le choix d'un tracé,

1. Le *Mémoire technique*, brochure de 120 pages in-4°, avec une carte générale au $\frac{1}{600.000}$ de Dijon à Milan, une carte topographique spéciale à l'échelle de $\frac{1}{50.000}$ de Brigue au lac Majeur et les profils en long au $\frac{1}{100.000}$ de 4 des projets principaux sont en vente à Paris au prix de 8 francs, librairie Baudry, rue des Saints-Pères.

il ne se produise des pertes de temps occasionnées par des demandes de nouvelles études.

Nous avons voulu mettre en mains des représentants autorisés de ces pays tous les éléments de la question.

VI

Amélioration du passage du Jura.

Les adversaires du passage du Simplon, lui objectaient que, si la traversée des Alpes par ce massif présentait des conditions de supériorité, en revanche la traversée du Jura, près de Pontarlier, présentait des rampes de $0^m,025$, et des courbes de 300 mètres. Cette opinion a été reproduite dans le rapport déposé le 12 juillet 1881 par la commission de la Chambre des députés et dont nous avons parlé au commencement de ce travail. Cette commission estimait même que cette amélioration du passage du Jura, devait donner lieu à une dépense de 50 millions.

La Compagnie de la Suisse-Occidentale, qui avait toujours considéré la correction des passages du Jura comme une conséquence nécessaire de l'entreprise du Simplon, a fait faire des études pour l'amélioration de ce passage.

La partie la plus défectueuse est celle de Pontarlier à Vallorbes, où l'on rencontre, sur le territoire français, des rampes de $0^m,025$, et des courbes de 300 mètres, et où l'on s'élève à une altitude de 1,014 mètres; enfin il y a aussi le rebroussement de Vallorbes qui constitue un inconvénient.

Un coup d'œil jeté sur la carte fait voir que la ligne fait un détour en passant par Pontarlier, cette direction étant plutôt celle de Neuchâtel et de Berne que l'on a eue d'abord en vue, que celle de Lausanne et du Simplon.

Nous avons donc fait une étude d'avant-projet d'après les minutes de la carte d'État-major et quelques reconnaissances de terrain.

Le tracé que nous avons choisi se détache de l'extrémité est (côté Pontarlier) de la station de Frasne, à $437^k,150$ mètres (de Paris) par une courbe de 400 mètres. Il traverse par un grand alignement le plateau de Frasne et le contrefort de la Combe-aux-Oies, ce dernier par un tunnel de 1,020 mètres. Il suit la petite vallée de Vaux où l'on ren-

contre encore un tunnel de 200 mètres et va traverser la vallée du Doubs entre les deux lacs de Saint-Point et de Remoray, près de l'Abergement. De là il pénètre dans la gorge que forme la vallée du Doubs ; recoupant un contrefort par un tunnel de 280 mètres, il va atteindre son point culminant près des Longevilles, au pied du mont d'Or, à la cote d'altitude 896^{m}58. La chaîne principale du Jura soit le mont d'Or, serait traversée par un tunnel de 6,560 mètres de longueur avec une seule pente de 13,5 millimètres vers la Suisse ; il déboucherait directement et par une courbe de 400 mètres sur la gare actuelle de Vallorbes, dont les terrassements sont à l'altitude de 809^{m},58 (rail 810^{m},18) et dont la plate-forme serait agrandie au moyen des dépôts formés par les déblais de ce tunnel, pour être appropriée à sa destination de gare internationale.

Le tunnel aurait 5,135 mètres sur le territoire français et 1,425 mètres sur le territoire suisse.

La longueur totale entre Frasne et Vallorbes serait de 24^{k},655.

Voici les principaux éléments de ce tracé :

18 alignements longueur . . .	19^{k},331	soit	78.41	pour 100
17 courbes.	5^{k},324	soit	21.59	pour 100
Total.	24^{k},655	soit	100	pour 100

Le rayon minimum des courbes est de 400 mètres.

Paliers horizontaux, longueur		7^{k},569	ou	30.69 pour 100
Rampes de 0^{m},007 longueur	3,800^{m}	7^{k},350	ou	29.81 pour 100
— de 0^{m},008 —	3,550^{m}			
Pentes de 0^{m},004 —	3,112^{m}	9^{k},736	ou	39.50 pour 100
— de 0^{m},0135 —	6,624^{m}			
Total		24^{k},655	ou	100 pour 100

Le coût de cette ligne qui, à l'exception du grand tunnel, serait des plus faciles à construire a été évalué à 17,500,000 francs ou 710,000 fr. par kilomètre.

Ce tracé donne un raccourci de 17^{k},516 sur la distance de Frasne à Vallorbes comparé à la ligne actuelle par Pontarlier.

Si l'on fait entrer en ligne de compte les distances virtuelles, ce raccourci devient 35^{k},256.

De Dôle à Lausanne par la ligne actuelle on a :

Distance	réelle	164^k,043
	virtuelle	235^k,073

tandis que cette correction donnerait :

Distance	réelle	147^k,818
	virtuelle	200^k,478

Cette correction de Frasne à Vallorbes n'est pas la seule que comporte cette ligne.

De Mouchard à la Haute-Joux sur une étendue de 27 kil. 2 on a des rampes de 0^m,020, mais qui ne sont pas constantes : on pourrait construire entre ces points, sur une longueur de 36 kilomètres, une ligne à rampes de 15 millimètres. La ligne actuelle a coûté, d'après les indications de M. Ruelle, directeur de la construction de la compagnie P.-L.-M., 186,904 francs le kilomètre. Nous estimons à 200,000 fr. le kilomètre cette nouvelle ligne, en tenant compte de ce qui pourrait être réutilisé de l'ancienne et de la différence des prix de revient d'il y a vingt ans et d'aujourd'hui, soit en tout 7,200,000 francs.

Du côté suisse, entre Vallorbes et Daillens, il serait facile de réduire aussi la pente à 15 millimètres; sur la moitié du parcours elle ne dépasse pas ce maximum, et sur l'autre moitié, on pourrait l'y ramener avec quelques modifications. Nous avons estimé ces modifications à 2,700,000 francs.

Si nous ajoutons ces deux nouvelles estimations à celle de la ligne Frasne-Vallorbes nous arrivons au chiffre de 27,260,000 francs pour l'ensemble de ces corrections, ce qui est loin d'atteindre les 50 millions auxquels les évaluait la commission parlementaire de 1881.

En tenant compte de ces distances virtuelles, nous aurons pour cette ligne, entièrement corrigée de Dôle à Lausanne :

Distance réelle	150 kil.
Distance virtuelle	194 kil. 62

Ce qui ferait donc un raccourcissement virtuel de 41 kil. 1 sur la ligne actuelle.

Nous pensons avoir suffisamment démontré que, contrairement aux motifs allégués par les partisans du mont Blanc, les déclivités du passage du Jura sont *parfaitement réductibles*, et avec un sacrifice très admissible en raison de l'importance du but à atteindre.

Enfin, il a été fait une estimation des dépenses pour l'établissement de la double voie de Vallorbes à Brigue et pour l'appropriation des principales gares de cette ligne pour le service international.

Ces dépenses seront de 10,600,000 francs.

VII

Comparaison entre le Simplon, le mont Blanc et le Saint-Gothard.

L'on a établi, pour ces trois passages, les itinéraires pour Milan et Plaisance.

On a choisi Milan parce que, soit la Commission parlementaire de 1881, soit M. Amédée Marteau, dans son rapport précité, ont, avec beaucoup de raison, fait remarquer que Milan est le centre du commerce de la haute Italie et le point avec lequel, actuellement, les échanges franco-italiens sont les plus importants, et Plaisance est le point de passage obligé pour le trafic avec l'Italie méridionale et pour le transit de l'Orient par Brindisi.

Nous avons établi nos itinéraires d'après les documents les plus officiels, c'est-à-dire d'après les tableaux graphiques de la marche des trains des diverses lignes parcourues.

Les distances virtuelles ont été calculées d'après les profils en long de ces lignes et par la formule de M. Amiot, on n'a majoré qu'à partir de 8 millimètres.

Nous ne reproduirons pas ici les détails de ces itinéraires, le cadre de cette publication ne s'y prêtant pas. Nous renvoyons pour cela au *Mémoire technique*.

Nous avons donc établi les distances comme suit :

	Distance réelle	Majoration	Distance virtuelle
1° *Ostende à Plaisance*			
par le Saint-Gothard	1,155^k,13	291^k,17	1,446^k,30
2° *Calais-Plaisance*			
a) par le Simplon, par Reims et Gozzano .	1,204^k,85	146^k,40	1,351^k,25
b) — et par Reims et Arona.	1,201^k,74	140^k,38	1,342^k,12
c) — par Paris et Gozzano .	1,204^k,95	156^k,34	1,361^k,29
d) — — et Arona . .	1,201^k,84	150^k,32	1,352^k,16

3° *Paris à Milan*

par le Simplon et Gozzano.	851k,99	145k,12	997k,11
— et Arona	836k,71	139k,10	975k,81

Nous rappelons que les distances ci-dessus seraient encore diminuées de 17 kilomètres en distances réelles, et de 41 kilomètres en distances virtuelles par les corrections à apporter au passage du Jura.

Les partisans du Mont-Blanc [1] indiquent 1194 kilomètres pour la distance réelle et 1269 kilomètres pour la distance virtuelle de Paris à Plaisance, nous contestons ces deux chiffres.

Au lieu de suivre les grandes lignes, ils empruntent, pour abréger, une série de raccourcis et de lignes régionales à fortes déclivités et petites courbes, dont plusieurs sont en construction comme, par exemple, la ligne de Laroche à Nevers, de Cravant aux Launes, etc., et la ligne des Dombes de Bourg par Nantua à Bellegarde, etc.

Tous ces raccourcis diminuent la distance absolue de Laroche à Bellegarde de 87 kil. 3, mais, en raison de leurs fortes déclivités, ils augmentent la distance virtuelle de 146 kil. 15 au lieu de 26 kil. 92 seulement de majoration que donnent les grandes lignes.

La distance de *Calais à Plaisance* par le Mont-Blanc et par ces raccourcis, serait de :

Distance réelle	Majoration	Distance virtuelle
1,239k,98	239k,67	1,479k,65

Si l'on calcule cette distance de *Calais à Plaisance* par Paris et par les grandes lignes, soit par Dijon, Mâcon, Culoz, on aura :

	Distance réelle	Majoration	Distance virtuelle
1° *Calais-Paris-Plaisance*			
par le Mont-Blanc.	1,327k,38	120k,44	1,447k,82
2° *Paris-Milan*			
par le Mont-Blanc.	993k,95	109k,02	1,102k,97

Quelle que soit la direction acceptée pour la ligne internationale par le mont Blanc, on ne modifiera pas le fait que ce chemin de fer déboucherait d'une part sur Genève et Culoz, où il se souderait à celui du Mont-Cenis pour exploiter la même zone française ; d'autre part qu'il sortirait en Piémont pour se souder à Chivasso à la ligne du mont Cenis

1. *Mont-Blanc ou Simplon*, par M. Chardon, sénateur. Paris, Chaix, 1880.

sur Milan, exploitant la même zone italienne. On peut donc affirmer avec raison que le Mont-Blanc ne serait qu'une concurrence au Mont-Cenis, sans aucun bénéfice de parcours, puisque la distance de Calais à Plaisance par le mont Cenis est de 1,423 kilomètres, et par le mont Blanc de 1,447 ou 1,418 kilomètres.

Aussi ne comprenons-nous pas l'expression *d'auxiliaire du Mont-Cenis* dont on a qualifié le projet par le mont Blanc. Il pourrait en être *l'auxiliaire* si la ligne de Modane était surchargée; mais il suffit de consulter les tableaux officiels du P.-L.-M, pour être convaincu du contraire.

Nos adversaires nous disent que si le mont Blanc est trop près du mont Cenis, le Simplon, de son côté, est trop voisin du Saint-Gothard. Nous ne comprenons pas la portée de cet argument, car plus la nouvelle percée se rapprochera du Gothard, mieux elle sera placée pour lui faire une concurrence sérieuse sur son propre marché.

L'opinion que nous émettons sur la valeur commerciale du Mont-Blanc est partagée par la chambre de commerce de Turin. Dans le rapport fait au nom d'une commission spéciale de cette chambre, M. l'ingénieur Locarni l'appuie par des arguments qui prouvent surabondamment que les partisans du Mont-Blanc ne doivent pas compter sur les sympathies de la capitale du Piémont.

Au point de vue technique on peut relever les points suivants en comparant les deux passages.

Altitude des tunnels.

Au mont Blanc, d'après le dernier projet de M. Muzy, ingénieur en chef du génie civil italien, cette altitude serait de 1,035^{m},25 tête sud; 1,053^{m},82, jonction de la galerie d'accès avec le tunnel principal et 1,010 mètres tête nord.

Au Simplon nous aurions, d'après nos derniers projets, 689 mètres à la tête nord, 708 mètres au point culminant et 627^{m}83 à la tête sud. Ces altitudes sont inférieures à la limite de la culture de la vigne.

Longueur des tunnels.

Au Simplon, d'après nos derniers projets la longueur du tunnel varierait entre 19^{k},639 mètres, 19^{k},795 et 20^{k},000 suivant la variante que l'on adopterait.

Au mont Blanc, cette longueur serait, d'après le dernier projet de M. Muzy, de 19^{k},220.

Si l'on veut tenir compte des lignes en construction, il faudrait ajouter au Simplon 9,500,000 francs pour la ligne de Piedimulera à Gozzano, et au mont Blanc 23,450,000 francs pour la ligne d'Aoste à Ivrée.

Pour arriver au chiffre de 154,000,000 francs pour le mont Blanc, nous avons estimé, au même prix qu'au Simplon, le mètre courant du grand tunnel soit à 3,655 francs et il n'y a aucune raison d'admettre moins, ce serait plutôt le contraire qui serait logique.

A défaut d'estimations exactes pour les lignes d'accès du mont Blanc dans les hautes vallées, estimations reposant sur des études détaillées comme les nôtres et qui n'existent pas pour cette ligne, nous avons évalué ces lignes d'accès du mont Blanc, au même taux kilométrique qu'au Simplon soit à 935,322 francs et y avons ajouté le même chiffre de 2,400,000 francs pour la gare internationale.

Nous croyons y être d'autant plus autorisés que l'étude qu'a fait M. l'ingénieur en chef Margot pour la rampe nord avec déclivités de 13 1/2 millimètres, accuserait une dépense kilométrique d'environ 1 million.

Récapitulation des distances des divers itinéraires.

	Distances réelles — Kilomètres	Majoration — Kilomètres	Distances virtuelles — Kilomètres
Saint-Gothard, Ostende à Plaisance	1155	291	1446
Simplon, Calais-Plaisance			
a) par Reims et Gozzano	1205	146	1351
b) — et Arona	1202	140	1342
c) par Paris et Gozzano	1205	156	1361
d) — et Arona	1202	150	1352
Mont Blanc, Calais-Plaisance			
a) par Paris, le raccourci indiqué par M. Chardon	1240	240	1480
b) par Paris, les grandes lignes	1327	121	1448
c) par Paris, avec le raccourcissement d'Ivrée à Santhià	1299	121	1420

Cette longueur comprend ce que les partisans de ce passage désignent du nom de *Galerie sous vallée* ou *Galerie de Champex* qui a une longueur de 5,720 mètres. Cette galerie sous vallée est un tunnel en courbes et contre-courbes, immédiatement en prolongement de l'autre sous la vallée de Courmayeur au lieu d'être sous le massif central. La possibilité de forer un ou deux puits, largement contrebalancée par d'autres inconvénients dont nous allons parler, n'autorise pas le masque sous lequel on cherche à dissimuler la distance qui sépare les deux têtes.

Dans une brochure publiée en 1880[1] notre éminent collègue M. le professeur Colladon a formulé, avec beaucoup d'autorité, les difficultés que rencontrera cette galerie.

Ces difficultés ont été signalées aussi par les savants géologues que nous avons chargé d'examiner cette question, MM. Renevier, Heim et Lory; nous renvoyons à leurs rapports publiés dans nos mémoires.

M. Lory qui a fait, du massif du mont Blanc, l'objet d'une étude toute spéciale, estime que ces difficultés et surtout les chances d'infiltrations et de rencontre des massifs gypseux seraient tellement grandes qu'il faudrait abandonner ce tracé, s'éloigner du thalweg et se reporter sous les roches plus compactes du mont Chétif.

Il est à noter que les longueurs calculées pour le tunnel du Simplon sont basées sur une triangulation spéciale ce qui n'est pas le cas pour celui du mont Blanc.

Enfin rappelons ici la question des températures intérieures dont nous avons parlé déjà. Au Simplon elle serait un peu plus élevée qu'au Gothard, soit 35°, mais au mont Blanc les calculs laissent pressentir 50° et même 55°.

Les abords sont au Simplon beaucoup plus faciles et plus accessibles, les deux têtes sont reliées par une magnifique route; au mont Blanc, elles sont séparées par une barrière de glace infranchissable.

Lignes d'accès. Au Simplon, en dehors des lignes construites ou en construction, il reste à construire entre Brigue et Piedimulera une longueur de 53k,783 évalués à 104,200,000 francs. *Au mont Blanc*, cette longueur serait : d'Annemasse à Chamounix et Aoste de 143k,000, qu'on doit évaluer à 154,000,000 francs.

1. *Notes sur les inconvénients et les difficultés du tunnel étudiés sous le mont Blanc.* Genève, Schuchardt, 1880.

Paris-Milan

par le Simplon et Gozzano	852	145	997
— et Arona	837	139	976
par le Saint-Gothard-Mulhouse-Bâle	921[1]	220	1141
par le mont Cenis (grande ligne)	922	290	1212
— — et Saint-Amour	925	283	1208
par le mont Blanc	994	109	1301

RÉSUMÉ

De la mer du Nord à Plaisance, le Simplon donne un raccourci de 105 kilomètres sur le Saint-Gothard et de 77 kilomètres sur le mont Blanc.

De Paris à Milan par Arona, le Simplon est plus court de 84 kilomètres que le Gothard, de 127 kilomètres que le mont Blanc, de 232 kilomètres que le mont Cenis.

Le Simplon serait percé à 350 mètres environ plus bas que le mont Blanc.

Il favoriserait toute la région du nord et de l'est français, tandis que le mont Blanc ne serait utile qu'à la Savoie et à quelques départements voisins.

Le Simplon peut faire utilement concurrence au Saint-Gothard, alors que le mont Blanc enlèvera inutilement au mont Cenis une partie de son trafic.

Les lignes d'accès du Simplon sont terminées du côté nord et en voie d'exécution sur le versant sud; elles ne sont pas commencées au mont Blanc; la lacune à combler entre les têtes de lignes existantes est beaucoup plus courte au Simplon qu'au mont Blanc.

Les déclivités les plus douces se trouveront plus aisément au Simplon.
Les difficultés techniques sont moindres au tunnel du Simplon qu'à celui du mont Blanc.

Des corrections dans le Jura pourront encore améliorer le Simplon; de nouvelles lignes au travers de cette chaîne de montagnes n'amélioreraient pas le projet par le mont Blanc.

1. Si l'on prenait au Gothard la distance des tarifs pour le parcours Suisse, on trouverait que cette distance serait de 1,004 kilomètres pour les voyageurs, 1,032 kilomètres pour les bagages et 987 kilomètres pour les marchandises. Ce sont les majorations que la compagnie du Gothard est autorisée, à apporter, en vertu des conventions internationales de 1869 et 1871, à toutes les distances où les rampes dépassent 15 millimètres. Ces majorations étant pour le parcours de Rothkreutz à Chiasso de 83 kil., 111 kil. et 66 kil., et de Rothkreutz à Ranzo-Gara ou Pino (direction de Gênes) de 76 kil., 102 kil. et 61 kil.

Le Simplon coûtera moins cher. — Le Simplon est assuré de subventions que n'obtiendra pas le Mont-Blanc.

La rémunération des capitaux privés est plus sûre.

VIII

Gênes et Marseille et la concurrence au Mont-Cenis.

La discussion qui a eu lieu dans la séance du 20 avril à la suite de ma communication m'engage à revenir sur ce point.

Il a été émis des craintes que l'ouverture d'une nouvelle percée des Alpes par le Simplon n'augmente encore l'importance qu'a prise le port de Gênes, au détriment de celui de Marseille.

Cette question a été traitée d'une manière très complète dans le remarquable rapport, auquel j'ai déjà fait allusion, que M Amédée Marteau a adressé le 5 juillet 1882 à M. le Ministre des affaires étrangères sur l'influence de l'ouverture du Saint-Gothard au point de vue des intérêts français.

M. Marteau avait étudié consciencieusement sur place tout ce qui concerne ces deux ports.

Il a trouvé que le transit du port de Gênes pour la Suisse et l'Allemagne a peu varié dans ces dix dernières années, il a été de 30,000 à 35,000 tonneaux, correspondant à une valeur de 18 à 23 millions de francs.

Voici comment s'exprime ensuite M. Marteau :

« Ce chiffre dépend absolument de quatre ou cinq espèces de marchandises : céréales, farines, produits végétaux, cotons d'Égypte et de l'Inde, vins, spiritueux et huiles. Ce sont précisément ces marchandises que Gênes entend disputer à Marseille, pour les envoyer dans la Suisse du Nord et dans l'Allemagne du Sud et l'Alsace-Lorraine, grâce à l'ouverture de la ligne du Saint-Gothard. Elles constituent, en effet, les grands objets de consommation de ces régions et donnent lieu, avec Marseille, à un mouvement commercial très actif, comme je vais le montrer.

« Jusqu'ici Gênes n'a pu faire ce transit qu'en employant la voie du Mont-Cenis et de Modane, grâce à un tarif international qui, du reste,

vient d'être supprimé. Aussi s'explique-t-on que ce transit fût limité à quelques milliers de tonnes.

« Ainsi, pendant que Marseille expédiait, 94,117 tonnes de céréales, graines et farines et 21,059 tonnes de marchandises diverses, vers les frontières de Suisse et d'Allemagne, en tout 115,176 tonnes (chiffres fournis par la Chambre de commerce de Marseille), voyons-nous que le transit total de Gênes se réduit à 29,367 tonnes, pour toutes les directions, dont 8,487 tonnes pour les spiritueux, vins et huiles, et 15,707 tonnes pour les céréales et farines.

« Est-il à craindre que Gênes, grâce à la voie nouvelle qui lui est offerte, grâce à l'activité des services maritimes qui se créent dans son port, n'enlève à Marseille tout ou partie de ce transit, et n'attire des quantités plus considérables de marchandises à destination de la Suisse du Nord et de l'Allemagne?

« Assurément, il faudrait le craindre, si l'on ne considérait la question qu'intrinsèquement. Ainsi, par le Saint-Gothard, Gênes se trouve à 532 kilomètres seulement de Bâle, qu'il convient toujours de prendre comme point de comparaison, tandis que Marseille, au contraire, en est éloignée de 773 kilomètres par la voie française de Delle et de 717 kilomètres par la voie de Genève et la Suisse. Il y a donc un avantage énorme en faveur du parcours par le Saint-Gothard, en dépit de la majoration qui porte la distance taxée à 595 kilomètres.

« Néanmoins, en comparant les tarifs, par l'une et l'autre route, l'on voit ressortir, comme suit, les prix de transport pour les marchandises que je viens de citer :

		par 1.000 kilog.	
Céréales. . . .	de Marseille à Bâle.	34 fr.	10
	Gênes à Bâle (transit) par le Saint-Gothard[1].	36	70
Cotons bruts .	Marseille à Bâle.	40	50
	Gênes à Bâle (par le Saint-Gothard) . . .	38	28
Vins	Marseille à Bâle.	33	»
	Gênes à Bâle (par le Saint-Gothard) . . .	51	89

« Pour Zurich, la différence est, naturellement, en faveur de Gênes, il ne résulte pas moins des chiffres qui précèdent, que Marseille jouit, en général, de prix meilleurs et se trouvera en état de lutter avec Gênes,

1. Il convient de remarquer que ce prix de 36 fr. 70 n'est applicable qu'au transit et que les céréales à destination de la Suisse même n'en peuvent bénéficier.

tant que la Compagnie du Saint-Gothard n'aura pas abaissé ses tarifs dans des proportions assez larges. La question est de savoir si, en ce moment, la situation financière de cette Compagnie, l'état de son matériel, les difficultés de son exploitation lui permettent d'opérer cette baisse.

« En tous cas, de ce côté, le danger pour Marseille n'apparaît pas comme immédiat, à la condition que la Compagnie de Paris à Lyon à la Méditerranée maintienne ses tarifs actuels ; qu'elle consente même à les abaisser pour quelques espèces de marchandises, les cotons bruts par exemple ; qu'elle fasse cette baisse surtout en vue d'atteindre Zurich, d'un côté, et Mulhouse, de l'autre. Marseille, de la sorte, sera en état de conserver sa prépondérance, surtout si l'on considère que les frais de transit y sont inférieurs à ceux de Gênes et que ce port est, comme il a été dit plus haut, le véritable marché de la Méditerranée.

« Tout au plus, quelques articles de la Plata et des Indes, reçus par les grands services maritimes italiens : cafés, cotons, etc., transiteront-ils par le Saint-Gothard au détriment de Marseille ? mais Marseille conservera assurément le haut marché à l'importation des matières premières et des denrées alimentaires.

« Quant aux marchandises qui descendent de Suisse vers la Méditerranée, pour s'y embarquer à destination de l'Orient, elles se composent presque exclusivement de tissus fins de coton et de soie. La quantité ne dépasse pas 3,000 tonnes. En 1881, Marseille en a reçu et embarqué 2,963 tonnes.

« La taxe indiquée de Zurich à Gênes par le Saint-Gothard, est de :

« Sans condition de tonnage	64 fr.	66	la tonne.
« Par wagon de 5,000 kilogrammes	55	42	—

« De Zurich à Marseille, les prix en vigueur sont, d'après le tarif international :

	la tonne de 1.000 kilos.
« Pour les tissus	53 fr. 60
« Pour les fils de coton	51 50

« Ces prix sont bien inférieurs à ceux établis pour la voie du Saint-Gothard.

« D'où il est permis de conclure que, dans l'état présent des choses, le mouvement commercial du port de Marseille avec ces districts n'est pas

menacé sérieusement, par l'ouverture de la voie nouvelle et que, tout au plus, le port de Gênes pourra ajouter, à son faible transit actuel, quelques milliers de tonnes de marchandises, à moins que des modifications, dans le sens d'une baisse sérieuse des prix de transport, ne soient apportées au système de tarification de la ligne du Saint-Gothard. »

Le tableau suivant, que j'ai dressé, confirmera l'opinion de M. Marteau que je viens de citer.

	Distances réelles — Kilomètres	Majoration — Kilomètres	Distances virtuelles — Kilomètres
1° *Marseille-Bâle.*			
a) *Via* Châlons-Belfort-Mulhouse	762	6	768
b) *Via* Besançon-Delle-Délemont	770	40	810
c) *Via* Grenoble-Chambéry-Genève-Bienne-Délemont	717	105	822
2° *Gênes-Bâle.*			
a) *Via* Gothard-Pino	506 [1]	180	686
b) *Via* Simplon, par Novare-Gozzano	613	150	763
3° *Marseille-Berne.*			
Via Grenoble-Chambéry-Genève	634	172	806
4° *Gênes-Berne.*			
a) *Via* Gothard	518 [2]	181	699
b) *Via* Simplon par Gozzano	518	111	629
5° *Marseille-Genève.*			
Via Chambéry	476	172	648
6° *Gênes-Genève.*			
a) *Via* Simplon et Lausanne	481	94	575
b) *Via* Bouveret-Annemasse	470	102	572
7° *Marseille-Zurich.*			
Via Chambéry-Genève	749	196	945
8° *Gênes-Zurich.*			
Via Gothard	450 [3]	158	608
Via Simplon	648	127	775

1. D'après les tarifs du Gothard (voir note à la page 827) cette distance est de 582 kilomètres pour les voyageurs, 608 kilomètres pour les bagages et 560 kilomètres pour les marchandises.
2. *Idem* le Gothard compte 594 kil. 620 kil. et 579 kil.
3. *Idem* le Gothard compte 526 kil. 552 kil. et 511 kil.

Il en résulte que le Simplon ne peut pas lutter avec le Gothard pour les relations de Gênes avec la Suisse centrale, l'Allemagne du sud et l'Alsace; tout au plus le Simplon pourrait-il être considéré comme accordant au port de Gênes un accroissement de facilités à destination de quelques localités de la Suisse occidentale.

Réduite à ces termes, l'objection perd beaucoup de sa force, et l'on conçoit facilement une combinaison propre à l'annuler entièrement.

Cette combinaison consiste à créer pour Marseille des tarifs qui permettent de franchir la distance des places concurrencées au même prix que la distance plus courte comprise entre ces places et Gênes.

Il est évident que la tendance sera de faire par le Simplon des prix identiques à ceux demandés par la voie du Gothard. Si, par suite de stipulations formelles, ces prix sont aussi accordés à la place de Marseille, celle-ci se trouvera placée sur un pied d'égalité avec Gênes au point de vue du transport par chemin de fer.

Si Marseille joint aux avantages incontestables qu'elle offre au commerce par son marché et ses moyens d'échange, un outillage perfectionné de manutention et, par conséquent, le bon marché de toutes les opérations de chargement, de déchargement, d'entrepôt, il n'est pas douteux que la concurrence lui sera facile; mais il faut nécessairement que l'on s'applique toujours à améliorer constamment les installations et l'outillage de ce port, ainsi que les facilités offertes au transit.

C'est ce qu'à bien fort fait ressortir notre collègue, M. Douau, dans le compte rendu qu'il a donné, dans la séance du 4 mai, du rapport de MM. Plocq et Laroche sur les ports de commerce.

Il y a plus : si l'on ne fait pas le Simplon, l'expérience l'a prouvé, les compagnies de la Suisse allemande, assurées du monopole sur Gênes par le Gothard, se refuseront à accorder des tarifs réduits à la voie Marseille-Genève et laisseront tout le poids des rabais nécessaires aux deux Compagnies de Paris-Lyon-Méditerranée et de la Suisse-Occidentale et Simplon.

La création du Simplon détruisant ce monopole du Gothard rendra les compagnies de la Suisse allemande plus abordables, au grand avantage du chemin de fer de Paris-Lyon qui, sans lui, supporterait les 4/5 du rabais ou perdrait ce trafic.

De ces quelques considérations, il ressort donc qu'en appliquant le principe des taxes égales aux voies de Marseille-Genève et la Suisse, et

de Gênes-Simplon et la Suisse, la ligne du Simplon sera non seulement inoffensive au port de Marseille, mais encore qu'elle lui sera utile en permettant d'obtenir des compagnies de la Suisse allemande leur concours dans la réduction des taxes de transit.

Mais il est d'autres points de vue bien plus importants à considérer et que M. Amédée Marteau a aussi relevés avec beaucoup de sagacité : et d'abord, le percement du Gothard a favorisé les ports belges d'Ostende et d'Anvers au détriment des ports français de Calais, Boulogne, le Havre et Rouen, et le transit pour la Suisse et l'Italie qui, de ces derniers, ports s'y rendait en traversant les railways français sur une longueur de 1,200 à 1,300 kilomètres, passe maintenant des ports belges par les railways belges et allemands ; une faible partie seulement de ce trafic de transit emprunte encore les chemins de fer de la région de l'est de la France sur un parcours beaucoup plus faible de 600 à 700 kilomètres seulement.

Le percement du Simplon seul pourrait permettre de lutter contre cette concurrence en le combinant avec une amélioration des installations et de l'outillage des ports français du nord qui, ainsi que l'ont dit MM. Plocq et Laroche et notre collègue, M. Douau, sont encore si en arrière des ports anglais, belges et allemands.

Ces améliorations devraient être poussées activement. M. Marteau cite encore à cet égard l'opinion émise dans une commission d'enquête du Gothard, en janvier 1881, par l'éminent directeur de la Compagnie du Paris-Lyon-Méditerranée, M. Noblemaire ; mais ce que M. Marteau considère à juste titre comme le plus grand tort que fait le chemin de fer du Saint-Gothard au commerce français, et où il voit le vrai péril que crée cette ligne, c'est la substitution toujours progressive des produits allemands aux produits français sur le marché italien.

Ce que M. Marteau indiquait comme une prévision en écrivant son rapport, c'est-à-dire au moment où le Gothard était à peine ouvert, s'est pleinement confirmé depuis un an que cette ligne est en exploitation, et qu'on a pu constater le développement énorme que prend tous les jours l'exportation allemande des produits les plus variés pour l'Italie par cette ligne, ainsi que les vins et les produits du sol italien, qui vont remplacer en Allemagne les produits français. Ce trafic du Gothard qui a été de 20,000 tonnes par mois au début, en juin 1882, a maintenant doublé.

En résumé :

1° *Le Simplon ne peut pas aggraver le tort qu'a fait au port de Marseille l'ouverture du Gothard, en avantageant celui de Gênes à son détriment.*

Avec une amélioration des tarifs et des installations du port de Marseille le Simplon lui sera au contraire utile pour lutter contre la voie de Gênes par le Gothard ;

2° En revanche, l'ouverture d'une nouvelle percée par le Simplon permettra de reconquérir une bonne partie du trafic enlevé aux ports français de Calais, de Boulogne, du Havre, etc., et aux chemins de fer français qui y aboutissent, et que le Gothard tend toujours plus à leur enlever au profit des ports belges d'Anvers et d'Ostende et des chemins de fer belges et allemands ;

3° Cette nouvelle voie par le Simplon permettra aussi au commerce et à l'industrie française de mieux lutter contre l'industrie et le commerce allemand, qui tendent de plus en plus à les supplanter sur le marché italien.

On a objecté aussi que l'ouverture du Simplon *ferait du tort au Mont-Cenis*, mais cette ligne a son bassin naturel à desservir, qui s'étend sur toute la zone méridionale de la France, comprise entre sa frontière sud et une ligne qui passerait par Genève, Lyon et Bordeaux. Au-dessus de cette limite, la concurrence s'établit entre le Gothard et le Mont-Cenis pour une zone intermédiaire comprise entre la ligne de Lyon-Bordeaux et une seconde ligne de Dijon à Nantes. Cette concurrence n'est possible pour les chemins de fer français qu'au moyen de rabais importants sur les tarifs, soit une perte sur le revenu de ces lignes.

Pour la zone supérieure à la ligne Dijon-Nantes, la concurrence n'est plus praticable.

Il faut remarquer que si les rabais moyens à faire atteignent 1.5 centimes par tonne-kilomètre, il ne faudrait sur un parcours moyen de 600 kilomètres qu'environ 200,000 tonnes pour représenter une perte annuelle de 2 millions de tonnes-kilomètres qui, capitalisées, donneraient à 4 pour 100 le capital de 50 millions, soit le montant de la subvention demandée.

Dans le premier cas, les 2 millions de francs iraient tout droit dans la poche des destinataires ou des expéditeurs étrangers, sans laisser

aucune trace, tandis que dans le second il resterait une œuvre grandiose accomplie.

Ce choix ne saurait donc être douteux.

L'objection relative à la situation qui serait faite au Mont-Cenis par le Simplon est donc sans valeur. Autre chose serait, comme nous l'avons déjà dit, la concurrence que ferait au Mont-Cenis un chemin de fer par le mont Blanc, puisque celui-ci aurait à peu près le même bassin de réception que le Mont-Cenis, lui ferait complètement concurrence sans pouvoir influencer le trafic du Gothard.

Il y a sur ce point plus à dire encore.

En observant le trafic actuel qui franchit le Gothard et qui donne lieu à un produit brut kilométrique de 45,000 francs par an, on reste bien modeste en admettant que le trafic *nouveau*, que l'ouverture d'un chemin de fer par le Simplon apportera aux chemins de fer français, pourra atteindre au moins 15,000 francs par kilomètre et par an de produit brut sur un parcours de 600 kilomètres.

Supposons que, pour ce trafic nouveau, la proportion des frais d'exploitation au produit brut soit de 35 pour 100, il resterait net 9,750 fr. par an et par kilomètre, soit pour 600 kilomètres 5,850,000 francs pour indemniser la France d'une dépense de 70 millions environ, dont 50 millions pour la subvention au percement du grand tunnel et 20 millions pour l'amélioration du passage du Jura.

Mais ce chiffre de 15,000 francs de produit brut kilométrique est bien faible, il faut considérer, d'une part, que le trafic actuel du Gothard, sur lequel il est basé, n'en est qu'à ses débuts, et que, d'autre part, non seulement la ligne du Simplon développera les rapports commerciaux de la France avec l'Italie, mais que de plus elle assure à la France la ligne de terre la plus courte à destination de toute la partie sud orientale de l'Europe et de l'Orient par Suez.

Le rendement du capital français qui serait appliqué à la création du Simplon serait donc assuré d'une manière avantageuse, et par les combinaisons de tarifs dont nous avons parlé; cette voie nouvelle non seulement serait rendue inoffensive pour le port de Marseille, mais elle lui serait, au contraire, utile pour combattre la concurrence que lui fait la voie Gênes-Gothard.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Les ponts suspendus. — Un nouveau pont sur le Niagara. — Les chemins de fer à crémaillère. — Exposition sanitaire de Berlin. — Les patentes en Suède. — Classification des éléments employés à la préparation des mortiers. — Explosions de chaudières de locomotives. — Production de fonte brute en Allemagne.

Les ponts suspendus. — Bien que les ponts suspendus soient actuellement à peu près abandonnés en Europe, la récente inauguration du grand pont sur l'East River entre New-York et Brooklyn donne à cette question un regain d'intérêt. Voici à ce sujet quelques renseignements que nous trouvons dans l'*Engineering News*.

On a toujours dit que le premier pont suspendu avait été fait en Chine, dans la province du Yunnan, il y a près de deux mille ans. Un autre pont de plusieurs centaines de pieds, franchissant le fleuve Pei est supposé avoir été érigé sous la dynastie des Ming; il est formé d'un certain nombre de chaînes solidement ancrées au rocher sur chaque côté, et reliées à différents points avec d'autres chaînes qui viennent également se fixer sur les rives au-dessus et au-dessous du pont. Les chaînes principales portent le tablier en bois. Kircher rapporte qu'un pont du même système de 100 mètres environ de portée aurait été construit vers l'an 65 de l'ère chrétienne.

Il existe au Japon des ponts suspendus en bambou, un de ces ouvrages franchit le fleuve Fujikaira à 30 mètres au-dessus de l'eau avec une portée de 18 mètres et une largeur de 1^{m},20 seulement.

Humboldt mentionne des ponts suspendus en cordes établis dans l'Amérique du Sud; dans un exemple cité par lui, les câbles avaient 0^{m},20 de diamètre et étaient faits avec des fibres de l'*Agave*. Ces câbles étaient amarrés à des troncs d'arbres sur les rives et étaient reliés entre eux par des bambous.

Le célèbre voyageur allemand rapporte que ces ponts sont sujets à des oscillations transversales très dangereuses. Il faut de grandes précautions pour les franchir. Si deux personnes s'y engagent à la fois et marchent à un pas différent, le pont semble, selon la pittoresque expression d'Humboldt, pris de convulsions.

Il existe dans l'Hindoustan à Aligpore un pont suspendu en câbles faits de bambou et de fer de 40 mètres de portée et de 1^{m},90 de largeur.

Scamozzi, dans son ouvrage « Del Idea Archi » publié en 1615, fait mention de ponts suspendus existant en Europe. Les principes de leur

construction auraient été indiqué par Bernoulli, né à Bâle en 1654, mort en 1705.

Le premier pont suspendu à chaînes en Angleterre paraît avoir été établi sur la Tees vers 1741; c'était une simple passerelle pour piétons de 27 mètres de portée et de 0m,60 de largeur. En 1796 Finlay établit un pont de ce système aux États-Unis, sur la Jacob's Creek, près d'Uniontown, en Pensylvanie; il prit une patente pour ce système d'après lequel 8 ponts avaient déjà été construits en 1811; mais à cette époque déjà ils étaient peu appréciés et on cessait d'en faire. Ces ponts étaient établis avec des chaînes à barres et des tiges de suspension portant le tablier. Les piliers étaient en bois.

Sir Samuel Brown établit en 1819 un pont suspendu à câbles sur la Tweed à Berwick; la portée était de 135 mètres.

Le pont de Telford sur le détroit de Menai fut construit en 1826, il est en chaînes de fer; la longueur est de 513 mètres, le poids de la construction atteint 1,760 tonnes, la dépense a été de plus de 5 millions de francs, la travée centrale a 177 mètres.

Le pont de Fribourg en Suisse a été inauguré le 23 août 1834. Il a 268 mètres de portée et est à 50 mètres au-dessus du fond de la vallée. Il y a 4 câbles de suspension formés de chacun de 1,056 fils. Le prix d'établissement n'a été que de 625,000 francs.

Le pont sur les chutes du Niagara, pour voitures et piétons, a été fait en 1868. Il a 375 mètres de portée; les piliers ont 31 mètres de hauteur; le tablier est établi à 58 mètres au-dessus de l'eau; la largeur du passage des voitures est de 3 mètres. Il y a 2 câbles de suspension de 0m,17,5 de diamètre.

Le pont suspendu de Wheeling sur l'Ohio de 308 mètres de portée a été établi par Charles Ellet, en 1848; il a été détruit en 1854.

Voici par rangs de portée les principaux ponts suspendus du monde.

	Portée	Date de construction
New-York et Brooklyn	488m	1870-83
Nouveau pont du Niagara	381	1868-69
Cincinnati sur l'Ohio.	322	1866
Wheeling sur l'Ohio	308	1848
Fribourg en Suisse	268	1834
Ancien pont du Niagara.	248	1848
Clifton en Angleterre	214	1864
Charing-Cross à Londres	206	1845
Pesth en Hongrie	203	1850
La Roche-Bernard, France	198	1845
Nashville, Tennessee	198	—
Menai, Pays de Galles	174	1826
Pont sur la Tweed en Angleterre	137	1820

Un nouveau pont sur le Niagara. — On construit en ce moment, sur le Niagara, un nouveau pont pour le passage du Canada Southern Railroad, à 100 mètres environ en amont du pont suspendu du chemin de fer. La portée est de 248 mètres et la voie est à 73 mètres au-dessus de l'eau. Le projet dressé par la Société Central Bridge Works a été accepté le 11 avril dernier et le travail complet a été confié à cette compagnie qui doit livrer le pont le 1er décembre prochain.

Le pont est à deux voies; il est construit en acier; il doit pouvoir porter à la fois sur chaque voie un train de marchandises remorqué par deux machines type *consolidation* et supporter une pression de vent de 210 kilogrammes par mètre carré, pression correspondante à une vitesse de 120 kilomètres à l'heure. Le coefficient de sécurité est de 5. La longueur totale du pont est de 273 mètres, elle est formée de deux espèces de consoles désignées en anglais par le mot de *cantilever*, ayant celle de la rive canadienne 114 mètres et celle de la rive américaine 121 mètres, ces consoles portées par des tours en acier. Une travée fixe de 38 mètres relie les extrémités des consoles. L'ouverture libre au milieu du fleuve est de 152m,50

On travaille activement aux fondations qui sont établies sur le rocher; elles se composent d'un massif de béton Coignet de 3 mètres d'épaisseur, 6 mètres de largeur et 14 mètres de longueur, sous chaque paire de colonnes. La charge supportée sur chaque massif est de 1,600 tonnes, de sorte que par la répartition on arrive seulement à une charge de 2 kilogrammes par centimètre carré. La maçonnerie s'élèvera jusqu'à 15 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Les colonnes en acier auront 40 mètres de hauteur.

Les consoles seront montées sur des échafaudages et leur extrémité du côté de terre sera solidement ancrée sur les culées de manière que l'autre extrémité puisse supporter une charge de 400 tonnes, le double de ce qui est nécessaire. Lorsque ces parties seront en place, on montera, panneau par panneau, les bras des consoles du côté du fleuve, au moyen de grues sans avoir besoin d'échafaudages. La poutre droite qui ferme l'ouverture de 37m,50 entre les extrémités des consoles sera montée sur l'une de celles-ci et mise en place par voie de lançage. Des appareils pour la dilatation seront placés au contact de la poutre centrale et des consoles.

Les chemins de fer à crémaillère. — Les chemins de fer à très fortes rampes avec traction sur une crémaillère centrale, dont le chemin de fer du Rigi est la première application, se développent d'une manière continue. Voici la liste des applications faites jusqu'à ce jour par M. Riggenbach :

a) Chemins de fer desservis par des locomotives n'agissant que sur la crémaillère.

1.	Vitznau-Rigi . . . . . en	1870	pente maxima	25	pour 100
2.	Arth-Rigi	1874	—	21	—
3.	Kahlenberg-Vienne . . .	1872	—	10	—
4.	Schwabenberg-Pesth . . .	1872	—	10	—
5.	Rio de Janeiro	1882	—	15	—
6.	Drachenfels au Rhin . . .	1883	—	22	—

Tous ces chemins de fer ne servent que pour les voyageurs; c'est ce qu'on appelle des chemins de touristes.

b) Chemins de fer desservis par des locomotives mixtes.

7.	Ostermundingen-Berne en	1870	pente maxima	10	pour 100
8.	Rorschach-Heiden	1874	—	9	—
9.	Wasseralfingen	1876	—	8	—
10.	Rüti-Zürich	1877	—	10	—
11.	Oberlahnstein.	1880	—	10	—
12.	Laufen-Berne	1878	—	6	—

Ces chemins, à l'exception de celui de Rorschach-Heiden qui porte des voyageurs, sont des chemins de fer industriels. Nous rappelons qu'on désigne, dans le cas dont il s'agit, par locomotives mixtes, des locomotives pouvant fonctionner à volonté ou par engrenage avec la crémaillère ou par adhérence sur les rails ordinaires, les lignes où elles circulent se composant de parties avec crémaillères et de parties sans crémaillères.

Les locomotives déjà construites sont au nombre de 42; elles pesent de 9 à 18 tonnes.

En dehors de ces douze lignes exploitées par locomotives, M. Riggenbach a construit quatre chemins de fer funiculaires où la crémaillère ne sert que de frein de sûreté et où la puissance est empruntée à l'eau; ce sont les chemins du Giessbach sur le lac de Brienz, pente 28 pour 100 (voir *Chronique* d'avril 1880, page 504) de Bom Jésus de Braga, Portugal, pente 45 pour 100, de Montreux, au bord du lac de Genève, pente 57 pour 100 et de Lisbonne, pente 25 pour 100. Ces deux derniers seront mis en exploitation dans le courant de cet été.

Exposition sanitaire de Berlin. — L'exposition sanitaire de Berlin a été ouverte, sans aucune cérémonie officielle, le 17 mai dernier. On se souvient qu'il y a un an, le 12 mai, quelques jours avant l'ouverture, le bâtiment principal de l'Exposition fut complètement détruit avec tout ce qu'il contenait, par un incendie, en moins de deux heures. Il fut décidé

qu'on le reconstruirait immédiatement, et l'Exposition est aujourd'hui beaucoup plus belle et plus complète qu'elle n'était l'année dernière.

On a profité de l'expérience et on a construit le nouveau bâtiment en matériaux incombustibles : pierre, fer et verre; les matières qui entrent dans la décoration de l'intérieur sont préparées de manière à être rendues ininflammables. La construction a été faite également sur un nouveau plan. C'est un grand carré en maçonnerie de briques rouges avec ornementation, de 9 mètres de hauteur, sur lequel s'élève une charpente en fer divisant l'espace en 25 espaces rectangulaires, disposés en cinq rangées de 5. Vingt de ces espaces sont couverts de toits plats formés de tôle ondulée et d'épaisses plaques de verre; les cinq autres restent ouverts pour donner du jour. La cour centrale de la façade sud, qui est plus élevée que les autres et qui forme l'entrée principale, est couverte par une tour avec un dôme, s'élevant à une hauteur de 44 mètres. Deux ascenseurs hydrauliques amènent les visiteurs au sommet, d'où on a une belle vue de Berlin et de ses environs.

Par ce système d'architecture, l'intérieur se trouve divisé en cinq nefs parallèles de 15 mètres de largeur, qui donnent à l'ensemble du bâtiment une simplicité de disposition qu'on n'est pas habitué à rencontrer dans les constructions de ce genre.

La façade opposée, c'est-à-dire celle du nord, se termine par une abside semi-circulaire, couverte également par une sorte de coupole aplatie. Dans cette partie se trouve le panorama de Gastein, belle œuvre du professeur Hertel. L'ensemble des constructions couvre un espace d'environ 12,000 mètres carrés.

L'Exposition comprend non seulement les objets et appareils relatifs à la science sanitaire et à la salubrité publique, mais encore les bateaux de sauvetage et le matériel d'incendie. Le catalogue comprend environ 2,000 articles. Bien que l'Exposition soit essentiellement allemande, on y a admis des exposants suisses et autrichiens.

En dehors des bâtiments principaux, il y a dans les emplacements voisins un grand nombre d'expositions intéressantes. Le chemin de fer métropolitain de Berlin franchit l'emplacement de l'Exposition, derrière le bâtiment principal, sur un viaduc comprenant 38 arches qu'on a utilisées, les unes pour servir de passage d'un côté à l'autre, les autres pour abriter des objets exposés, tels que les bateaux de sauvetage et les grandes voitures des Sociétés de la Croix-Rouge et de Saint-Jean.

De l'autre côté du chemin de fer l'emplacement de l'Exposition est rempli de petits bâtiments et de pavillons destinés à divers usages.

Il y a, entre autres, un bâtiment circulaire contenant un réservoir en fer de $4^m,50$ de profondeur, dans lequel descend un plongeur que le public peut voir non seulement d'en dessus, mais encore sur les côtés par des ouvertures pratiquées dans la paroi circulaire du réservoir et fermées par des plaques de verre.

Un autre pavillon contient un bain public, établi d'après le système du

docteur Fraser, dans lequel le baigneur est lavé à l'eau de savon et rincé dans de l'eau propre pour la modique somme de 10 pfennigs (12 1/2 cent.).

Une attraction qui a beaucoup de succès est une colline artificielle contenant à l'intérieur l'arrangement complet d'une mine de charbon avec les galeries, les massifs, etc.

On a installé également une façade de maison à quatre étages pour servir à des expériences de matériel d'incendie et de sauvetage.

Le docteur Siemens, de Dresde, a établi une petite chapelle contenant un four à crémation dans lequel on brûle des cadavres d'animaux. Parmi les autres pavillons, on peut citer une cuisine scolaire, une cuisine militaire exposée par le ministre de la guerre, un théâtre en miniature, servant à des expériences de machinerie théâtrale, un pavillon météorologique, une maison à thé chinoise, etc. Il y a également des bureaux pour la poste, le télégraphe, le téléphone, des postes de police, de pompiers, d'octroi, etc.

La partie en avant du bâtiment principal est éclairée par des lampes Siemens à arc; le parc, avec des becs régénérateurs Siemens; la grande salle du restaurant par les lampes Edison, montées sur de grands candélabres.

La mine de charbon est éclairée avec des lampes Siemens et Halske.

L'Exposition doit rester ouverte jusqu'au 15 octobre.

Les patentes en Suède. — En 1882, il a été pris en Suède 440 patentes pour inventions, ce qui constitue une augmentation notable sur l'année précédente où il n'avait été pris que 400 patentes. Sur ce nombre, 209, soit 47.5 pour 100, ont été prises par des inventeurs étrangers, et 231, soit 52.5 pour 100, par des suédois. Les nombres correspondants pour l'année précédente étaient 194 et 206. Ces patentes forment un nombre total d'années de 2,945, ce qui fait une moyenne de 6.7 années pour chacune.

Les étranger prennent les patentes pour plus d'années que les nationaux, car la moyenne pour les premiers est, en 1882, de 7.5 années, et pour les seconds de 5.9; en 1881, les chiffres correspondants ont été 7.3 et 6.6.

Si l'on décompose les patentes suivant les objets sur lesquels porte l'invention, on trouve 36 patentes pour les appareils électriques, lampes, télégraphes, etc., 2 pour la métallurgie du fer, 7 pour le matériel roulant et 5 pour le matériel fixe des chemins de fer, 7 pour des appareils de sauvetage, 2 pour des machines à air, 6 pour la serrurerie, 9 pour des machines pour le travail des métaux, 5 pour la métallurgie, 10 pour l'artillerie, 3 pour la construction navale, 11 pour les appareils à éteindre les incendies, 12 pour les substances explosives, 2 pour les outils, 4 pour la ventilation, 11 pour les appareils à peser et à mesurer, 3 pour les machines à vapeur, 7 pour des chaudières et 5 pour des conduites d'eau. La législation sur les patentes n'a d'ailleurs pas encore subi de modification en Suède, malgré les plaintes constantes qu'elle suscite de la part des brevetés.

Classification des éléments employés à la préparation des mortiers. — Notre collègue, M. Paur, nous communique les règles adoptées par l'Association suisse des fabricants de chaux et ciments, sur l'initiative du professeur Tetmajer, règles relatives à la classification et à l'essai des éléments qui servent à la préparation des mortiers. Nous en extrayons les parties les plus essentielles.

1° Chaux grasse. — La chaux grasse se rencontre dans le commerce, soit en morceaux, soit en poudre, transformée en pâte; elle a la propriété de durcir graduellement de l'extérieur vers l'intérieur sous l'influence de l'air. La chaux grasse est soluble dans l'eau. Elle s'obtient de tous les calcaires cristallins ou à grain compact, qui, après calcination, se réduisent en poudre et dont l'extinction est accompagnée d'un grand dégagement de chaleur et d'une augmentation de volume. Avec l'addition de certains facteurs hydrauliques, l'hydrate de chaux ou chaux éteinte peut être employé avantageusement dans les constructions.

2° Chaux hydraulique. — La chaux hydraulique se rencontre dans le commerce à l'état de poudre, et possède la propriété de durcir graduellement à l'air et dans l'eau.

Les calcaires argileux, calcinés à une température modérée, se réduisant en majeure partie par l'extinction en une poudre d'un blanc jaunâtre, en dégageant une chaleur vive, et en foisonnant en partie, donnent de la chaux hydraulique. Par l'extinction de la matière cuite, la chaux caustique se transforme en totalité ou en partie en hydrate de chaux pulvérulent.

Les silicates et autres facteurs hydrauliques peuvent aussi se réduire en poudre par cette opération, mais généralement ils restent en majeure partie en morceaux solides.

La matière éteinte est alors moulue directement sans être blutée, ou, les parties réduites en poudre par l'extinction étant blutées, les morceaux siliceux sont moulus à part pour être livrés au commerce.

Le produit ainsi obtenu est la *chaux hydraulique lourde* par opposition à la *chaux hydraulique légère* dans laquelle l'hydrate de chaux se trouve mélangé. Toutefois, lorsque les conditions de la matière sont telles que l'extinction ne donne que des quantités d'hydrate de chaux relativement minimes, le produit obtenu par la mouture du tout a une densité assez élevée pour qu'on puisse le ranger dans la catégorie des chaux hydrauliques lourdes.

L'emploi des chaux hydrauliques pour les travaux dans l'eau dépend de leur degré d'hydraulicité qui doit être déterminé dans chaque cas particulier. Dans la règle leur emploi pour ce genre de travaux est recommandable dans tous les cas où par les circonstances un durcissement à l'air peut s'opérer avant l'immersion.

3° Ciment romain. — Le ciment romain se trouve dans le commerce, logé dans des sacs ou des barils, à l'état de poudre granuleuse, d'un gris jaunâtre

et possède la propriété, délayé dans l'eau, de durcir rapidement à l'air et sous l'eau.

Le ciment romain provient de certains calcaires argileux, de composition bien définie, calcinés à une température relativement peu élevée, au dessous du point de vitrification. La matière cuite est pulvérisée artificiellement au moyen de procédés spéciaux.

Le ciment romain s'échauffe par le gâchage et la prise a généralement lieu en quelques minutes. Il doit être invariable en volume et conserver sa consistance à l'air comme dans l'eau. On l'emploie en première ligne lorsqu'il s'agit d'obtenir l'étanchéité complète. Il ne vient qu'en seconde ligne pour les travaux où on a besoin de résistance, tels que les bétons coulés, etc.

4° Ciment de Portland. — Le ciment de Portland se rencontre dans le commerce, logé dans des sacs ou des barils, à l'état de poudre plus ou moins rugueuse, plus ordinairement grise; il possède la propriété d'être inaltérable à l'air ou dans l'eau et d'offrir une résistance exceptionnelle qui s'accroît avec le temps. Il se fabrique au moyen de calcaires argileux d'une composition déterminée ou de mélanges analogues de calcaires et d'argiles calcinés au rouge blanc jusqu'au point voisin de la vitrification.

Les ciments qui ont été calcinés sans préparation préalable de la matière portent le nom de *ciments de Portland naturels* et ceux dont les parties ont été entièrement mélangées avant la cuisson, le nom de *ciments de Portland artificiels.*

Gâché avec l'eau, le ciment de Portland ne s'échauffe presque pas, il fait prise lentement et acquiert déjà après la première période de durcissement une résistance bien marquée. Il trouve son application dans tous les travaux où, à côté de l'étanchéité et de l'homogénéité, on veut obtenir une grande résistance après un temps relativement court. Sa propriété de faire prise lentement le désigne tout spécialement pour des travaux de longue haleine et des bétons comprimés.

5° Gangues hydrauliques. — Au nombre de ces gangues se trouvent: les pouzzolanes, la terre de Santorin, le trass et d'autres produits volcaniques, en outre les scories de haut fourneau. Ces gangues ne font pas prise par elles-mêmes; moulues et mélangées à la chaux grasse, elles durcissent lentement à l'air et sous l'eau; leur résistance s'accroît constamment et atteint parfois, au bout de quelques mois, celle de certains ciments de Portland.

Voici maintenant les dispositions générales pour la livraison, l'essai et la classification des éléments hydrauliques.

1. Désignation

Conformément à ce qui a été exposé ci-dessus, on distingue les éléments hydrauliques en :

Chaux hydraulique, soit :

a. Chaux hydraulique légère ou mixte,
b. Chaux hydraulique lourde.

Ciment romain, soit :

Ciment romain prompt ou demi-lent.

Ciment de Portland, soit :

a. Ciment de Portland naturel,
b. Ciment de Portland artificiel,

Gangues hydrauliques

2. Emballage et poids

Tous les éléments hydrauliques seront livrés au commerce en poudre et logés dans des sacs ou des barils; le prix d'unité sera coté par 100 kilogrammes. Le poids des sacs sera de 50 kilogrammes, celui des barils de 200 kilogrammes, à l'exception des barils de chaux hydraulique et de ciment romain qui, pour le moment, conserveront les poids en usage jusqu'ici.

Pour déchet et défaut de poids, il ne sera admis qu'une tolérance de 2 pour 100 du poids brut.

Les barils et les sacs porteront la raison de commerce de la fabrique (marque de fabrique). Les sacs de ciment doivent être plombés et les plombs porter la désignation de la marchandise.

Il est admis en principe que l'emballage normal, tel qu'il vient d'être indiqué, entrera immédiatement en vigueur, les emballages divergents pourront cependant être encore tolérés jusqu'au 1er janvier 1884; à partir de cette date ils devront disparaître.

3. Durée de la prise

Les éléments hydrauliques livrés au commerce sont à prise prompte ou à prise lente, à l'exception des gangues hydrauliques qui ne font pas prise sans une addition de chaux.

La chaux hydraulique et les gangues hydrauliques mélangées à la chaux sont à prise lente; la prise n'a lieu ordinairement qu'au bout de plusieurs heures,

Selon l'usage que l'on en fait, on peut exiger une prise lente ou prompte des ciments romain et de Portland.

On entend par ciments prompts, ceux pour lesquels le début du durcissement se manifeste dans l'espace de 10 minutes. Si ce commencement de durcissement n'apparaît qu'après un temps de 30 minutes, ces ciments sont désignés sous le nom de ciments lents. Entre les ciments prompts et les ciments lents, se classent les demi-lents.

On fait observer ici que, pour déterminer le début de durcissement et la durée de la prise d'un élément hydraulique, on en gâche une certaine portion sans addition de sable, on en forme un mortier consistant que l'on introduit dans une boîte en métal de 40 millimètres de hauteur sur 80 de diamètre. On admet que le début de la prise intervient lorsque la masse ne laisse plus pénétrer totalement une aiguille de Vicat de 1 millimètre carré de section. La masse est supposée avoir fait prise dès qu'elle peut supporter l'aiguille sans marque sensible, le temps qui sépare les deux périodes est la durée de la prise. Les essais de ce genre doivent être faits à une température moyenne de 15 degrés centigrades. S'il est impossible de réaliser cette condition, il est nécessaire d'indiquer la température.

4. Invariabilité de volume

Les mortiers hydrauliques doivent conserver, en durcissant à l'air ou dans l'eau, un volume invariable.

On vérifie cette propriété en préparant sur des plaques de verre des galettes amincies vers le bord et, après prise faite, on les immerge dans l'eau; s'il se forme des crevasses, on en déduit que le mortier se désagrège et perd de sa cohésion.

5. Finesse de la mouture

Tous les mortiers hydrauliques doivent être moulus aussi fins que possible et ne doivent pas laisser plus de 20 pour 100 de résidu sur un tamis de 900 mailles par centimètre carré, l'épaisseur des fils du tamis étant de 1/10 de millimètre.

Ce point a de l'intérêt parce que la résistance du mortier croît en raison de la finesse de la mouture, les parties plus grosses jouant simplement le rôle du sable ou du gravier additionné pour faire le mortier.

6. Essais de résistance

La résistance des mortiers hydrauliques doit être essayée sur des mélanges avec du sable. L'essai qualitatif ordinaire est l'essai à la traction; il se fera toujours au moyen d'appareils uniformes et en suivant une méthode constante dans la composition, dans la forme et dans la grandeur des briquettes d'essai. La section de rupture sera de 5 centimètres carrés.

L'essai qualitatif décisif est l'essai à l'écrasement; il s'opérera sur des cubes faits d'une manière uniforme mesurant 10 centimètres de longueur d'arête.

Le sable normal à employer pour ces essais est un sable quartzeux, pur, lavé, tel qu'il se trouve à l'état naturel ou obtenu artificiellement par le concassage du quartz; on passe d'abord ce sable par un tamis de 64 mailles par centimètre carré afin d'en éliminer les parties les plus gros-

sières, puis par un tamis de 144 mailles par centimètre carré pour le dégager des parties les plus fines. Le résidu laissé sur ce second tamis est du sable normal.

Pour la préparation du mortier, on proportionne la quantité d'eau nécessaire au poids de la substance sèche. En tant que le fabricant ne recommande pas, pour ses produits, des proportions déterminées, il est prescrit comme addition d'eau, savoir :

		A l'arrachement	A l'écrasement
Pour le mortier normal de ciment de Portland		10 °/₀	8 °/₀
— — —	Romain prompt	13 °/₀	12 °/₀
— — —	— lent . .	11 °/₀	9 °/₀
Pour le mortier normal de chaux hydraulique		12 °/₀	10 °/₀

le tout en poids de la matière sèche.

On ajoute que, si ces proportions n'étaient pas admissibles, il faut, en règle générale, employer une quantité d'eau telle que la masse du mortier, une fois bien remuée, possède le degré d'humidité de la terre végétale fraîche et qu'après introduction dans les moules et damage suffisant à petits coups répétés elle sue l'eau.

La durée du damage, à partir du moment où l'eau a été ajoutée, doit être de 1 minute pour les ciments à prise rapide et de 5 minutes pour ceux à prise lente ou demi-lente.

Pour l'essai à la traction et pour les ciments à prise rapide, on confectionnera donc les briquettes d'essai une à une, tandis que, pour les ciments à prise lente et demi-lente, on les fera par paires pour la traction et une à une pour l'écrasement.

Les épreuves de résistance à la traction s'effectueront sur 10 briquettes, celles à l'écrasement sur 6 cubes normaux. Les moyennes des cinq meilleurs résultats à la traction et des quatre meilleurs résultats à l'écrasement seront considérés comme concluantes.

Les briquettes et cubes d'essai doivent être conservés à l'air pendant les premières 24 heures, puis immergées et conservées dans l'eau jusqu'à l'essai.

Les essais doivent se faire régulièrement après 7, 28 et 84 jours de durcissement normal sous l'eau.

Il est fait observer ici que l'essai normal défini ci-dessus est déjà en usage en Allemagne, en Autriche et ailleurs et qu'il doit être considéré comme le véritable moyen de détermination de la qualité de ces matériaux. Cette méthode est facile à employer et n'exige que des manipulations simples et des appareils d'essai peu coûteux.

Les mortiers étant presque exclusivement soumis à des efforts d'écrasement, il est nécessaire d'introduire les essais à l'écrasement à côté des essais à la traction, ces derniers ne donnant pas une preuve convaincante de la valeur du produit employé.

7. Résistance a l'arrachement.

On considère comme épreuve décisive celle qui a lieu après 28 jours de durcissement sous l'eau et la résistance correspondante doit être au minimum de :

8 kilogrammes par centimètre carré pour la chaux hydraulique;				
10	—	—	—	le ciment romain;
15	—	—	—	le ciment de Portland.

Les pouzzolanes n'ont pas encore été soumises à un nombre suffisant d'essais pour qu'il soit possible de fixer pour elles une limite inférieure de résistance à la traction.

La préparation des briquettes d'essai nécessite quelques précautions et pour que les résultats soient uniformes il est bon de fixer une méthode de fabrication.

La plaque de métal servant à exécuter les briquettes et sur laquelle on pose les moules, bien nettoyés et humectés, est placée sur un support rigide. On pèse les matières et on les mélange soigneusement à sec dans une capsule, puis on ajoute la quantité d'eau nécessaire et on remue le tout bien soigneusement et selon les règles prescrites, avec une spatule, de manière à obtenir un mortier ayant l'aspect de terre humide fraîchement remuée. Le mortier est introduit d'une fois dans les moules et en quantité suffisante pour les remplir complètement après le damage.

Le damage du mortier se fait avec une manette du poids de 150 à 200 grammes, d'abord à petits coups répétés, puis un peu plus énergiquement, jusqu'à ce que la masse devienne élastique et qu'elle sue l'eau. Il est absolument indispensable de poursuivre le pilonnage jusqu'à l'apparition de l'eau à la surface de la briquette. Une recharge de mortier n'est pas admissible par ce que l'on se propose obtenir des briquettes homogènes. On enlève le trop-plein du moule avec une lame de couteau et on lisse la surface. Lorsque le mortier est devenu suffisamment dur, on desserre le moule et on sort la briquette.

Les ciments à prise prompte exigent des soins particuliers pour la confection des briquettes parce qu'elles doivent être achevées avant que le ciment ait eu le temps de faire prise.

8. Résistance a l'écrasement et classification des éléments hydrauliques.

L'épreuve décisive, déterminant la valeur d'un produit hydraulique, est l'essai à la résistance à l'écrasement après 28 jours de durcissement normal dans l'eau ; cette épreuve sert de base pour la classification suivante.

Ciment de Portland.

Résistance minima à l'écrasement : 150 kilogrammes par centimètre carré.

Ciment romain.

Résistance minima à l'écrasement : 80 kilogrammes par centimètre carré.

Chaux hydraulique.

Résistance minima à l'écrasement : 50 kilogrammes par centimètre carré.

Gangues hydrauliques.

Leur résistance n'a pas été suffisamment étudiée jusqu'à ce jour.

De même que pour les briquettes, il y a des précautions à observer pour la préparation des cubes d'essai.

La plaque métallique qui reçoit le moule est placée sur une base rigide. On mélange les parties intégrantes du mortier à sec, puis on humecte avec la quantité d'eau requise et on remue le tout selon les règles prescrites avec une spatule jusqu'à ce que le mortier ait acquis la consistance de terre végétale fraîchement remuée.

On remplit les moules en quatre fois et on dame chaque couche avec une dame de 2,5 kilogrammes et de 25 centimètres carrés de base, jusqu'à ce que la masse devienne élastique et que l'eau apparaisse à la surface. Avant d'introduire une nouvelle couche dans le moule, il faut avoir soin de gratter légèrement la surface de la couche précédente, afin de favoriser la reprise.

Pour obtenir des surfaces planes et parallèles pour la compression, on appliquera sur la dernière couche du mortier un enduit de ciment pur de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, que l'on égalisera aussi exactement que possible pendant que la prise se fera et que l'on rabotera ensuite immédiatement avant l'essai.

L'enlèvement du moule peut s'effectuer immédiatement après l'achèvement du cube, lorsque la matière employée est à prise prompte. Pour des prises lentes il est convenable de les laisser séjourner une ou deux heures.

Explosions de locomotives. — Du 1er juillet 1865 au 31 décembre 1881, il s'est produit sur les chemins de fer anglais 66 explosions de chaudières de locomotives, par lesquelles il y a eu 45 personnes tuées et 97 blessées.

35 explosions n'ont pas causé de mort d'hommes, 23 ont tué 1 homme, 4 en ont tué 2, 2 en ont tué 3, 1 en a tué 4 et 1 en a tué 5.

Dans 28 cas l'explosion a été causée par des fissures, et dans 10 par affaiblissement du métal par la corrosion.

Ce n'est que dans 3 cas que l'explosion a pu être attribuée à un excès de pression de la vapeur.

Production de la fonte brute en Allemagne. — Les statistiques publiées par l'Association des maîtres de forges allemands indiquent pour la production de fonte brute dans l'empire d'Allemagne pour le mois de février 1883 un total de 269,220 tonnes, décomposé comme suit :

Fonte de puddlage	155,711	tonnes.
Spiegel	12,623	—
Fonte pour Bessemer	41,403	—
Fonte pour procédé Thomas	25,097	—
Fonte de moulage	31,986	—

La production du mois de février 1882 avait été de 241,600 tonnes. Du 1er janvier au 28 février 1883, la production a été de 543,215 tonnes contre 526,817 pour l'année précédente.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

MAI 1883.

Rapport de M. le colonel Goulier sur un **composteur destiné à l'impression des écritures sur les cartes topographiques et sur les dessins**, par M. de La Noé, chef de bataillon du génie.

Cet appareil est employé comme accessoire du procédé dit de topogravure, imaginé par l'auteur qui commande la brigade topographique du génie militaire, procédé qui a déjà été l'objet d'un rapport de M. Davanne à la Société d'encouragement.

Il a pour but de suppléer à l'irrégularité des composteurs ordinaires qu'on emploie pour remplacer le dessin à la main des écritures sur les cartes par l'impression. L'usage de cet appareil est sûr, rapide et économique, et peut rendre de grands services dans la confection des plans et dessins.

Rapport de M. Berard sur une **méthode pour le dosage du plâtre contenu dans les vins** présentées par M. Houdart.

Cette méthode consiste dans une modification dans la mise en pratique du procédé de MM. Poggiale et Marty, basé sur la propriété que possèdent les sels de barytes de précipiter l'acide sulfurique sous forme de sulfate insoluble.

Rapport de M. Edouard Simon sur un **projet de création, en Algérie, d'une école professionnelle pour la fabrication des tapis d'Orient**, par M. H. Mourceau.

Discours prononcé par M. Félix Le Blanc au nom du Conseil de la Société d'encouragement, aux funérailles de M. Gruner, inspecteur général des mines.

Discours prononcé par M. Lan, ingénieur en chef des mines, aux funérailles de M. Gruner.

Conférence sur la **reproduction artificielle des matières organiques d'origine animale et d'origine végétale**, faite à la Société d'encouragement le 25 janvier 1883, par M. Émile Jungfleisch, professeur à l'École supérieure de pharmacie.

Balistique expérimentale. Sur le passage des projectiles à travers les milieux résistants, sur l'écoulement des solides et sur la résistance de l'air au mouvement des projectiles par M. Melsens.

Cette note est extraite d'un mémoire un peu plus complet inséré dans les *Annales de chimie et de physique*, mars 1882; elle est accompagnée d'une lettre adressée à l'auteur par M. le professeur Colladon, lettre que nous avons reproduite dans la chronique d'août 1882, page 191, et qui est relative à de curieuses expériences faites il y a longtemps déjà par l'éminent professeur de Genève sur des fusils à vent.

Note sur le **dosage de l'acide phosphorique dans les terres arables**, par M. P. de Gasparin. (Extraite des *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)



ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MAI 1883.

Notice nécrologique sur M. Ch. Didion, Inspecteur général des ponts et chaussées, Directeur de la compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, par M. Noblemaire, ingénieur en chef des mines, Directeur de la compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Note sur les ponts métalliques du chemin de fer de grande Ceinture de Paris, par M. Geoffroy, ingénieur des ponts et chaussées.

Le chemin de fer de la grande Ceinture de Paris comporte 294 ouvrages d'art, sur lesquels 234 ponts en maçonnerie et 60 ponts avec tabliers métalliques répartis sur une longueur de 78 kilomètres.

De ces derniers ouvrages, 13 ont été exécutés conformément aux types de la compagnie. Tous les autres, au nombre de 47, ont dû, en raison des sujétions qu'ils offraient, être établis d'après des projets spéciaux.

Les calculs de résistance de tous ces ponts ont été faits, pour les ponts à poutres droites, d'après la méthode de MM. Bresse et Collignon, et pour les ponts en arc, d'après la méthode de M. Albaret.

Les ouvrages se divisent en passages inférieurs ou ponts sous rails et passages supérieurs ou ponts-routes.

Passages inférieurs. — Le type A dans lequel chaque rail est soutenu directement par une poutre longitudinale, les entretoises ne servant qu'à relier ces poutres entre elles, avec platelage en bois de chêne a été appliqué à 9 ouvrages de 3 à 6 mètres de portée.

Le type A' semblable au précédent, à cette différence près que le platelage est en tôles striées au lieu d'être en bois, a été employé pour 3 ponts de 6 à 11 mètres d'ouverture.

Le type B où chaque rail est soutenu par deux poutres jumelles, platelage en bois, a servi pour 3 ponts de 4 mètres.

Le type B' semblable, mais avec platelage en tôles striées, se rencontre dans 4 ponts de 6 à 10 mètres d'ouverture.

Le type C dans lequel la voie repose par l'intermédiaire d'entretoises sur deux poutres droites longitudinales très rapprochées des rails dont elles ne sont distantes généralement que de $0^m,30$, le dessus des poutres ne dépassant pas le niveau de la voie, est appliqué à 11 ouvrages dont les portées

varient de 4^m,20 à 13^m,90, certains de ces ouvrages ayant plusieurs travées avec palées formées de colonnes en fonte.

Dans le type C' chaque voie repose par l'intermédiaire d'entretoises sur deux arcs à tympans rigides; il y a deux ponts de ce genre avec des ouvertures de 20 et 28 mètres.

Le type D dans lequel les voies reposent par l'intermédiaire de fortes entretoises sur deux grandes poutres à treillis formant garde-corps distantes de 1^m,70 environ des rails extérieurs de chaque voie, se rencontre sur cinq ouvrages de 11 à 23 mètres de portée dont un à 5 travées avec palées composées de colonnes en fonte : ce dernier pont est en pente de 2 millièmes, les poutres ont 73 mètres de longueur.

Le type D' diffère du précédent en ce que les voies reposent par l'intermédiaire des entretoises sur trois grandes poutres à treillis dont les deux extrêmes forment garde-corps. Un seul ouvrage de 18^m,92 d'ouverture biaise est établi sur ce type.

Passages supérieurs. — Le type E qui comporte deux grandes poutres en treillis formant garde-corps avec entretoises sur lesquelles repose le platelage, est appliqué à cinq ouvrages dont les portées varient de 16 à 20 mètres et les largeurs de 4 et 5 mètres.

Dans le type F le platelage repose par l'intermédiaire de fortes entretoises sur deux poutres de rive à âme pleine placées en contre-bas du niveau de la chaussée. Ce type est employé sur deux ponts de 16 et 10^m,70 d'ouverture, ce dernier a 3 travées avec palées formées de colonnes en fonte. Les largeurs entre garde-corps sont comprises entre 6 et 10 mètres.

Dans le type G applicable à toutes les largeurs entre garde-corps supérieurs à 10 mètres, le platelage repose sur un certain nombre de poutres placées sous la chaussée. Deux poutres de rive sont disposées sous les trottoirs qui sont portés, partie par ces poutres, partie par des consoles.

Ce type est appliqué à dix ouvrages de 4 à 9 mètres de portée, dont quelques-uns à plusieurs travées dont les palées sont formées de colonnes en fonte.

Nous ajouterons pour terminer que ces ouvrages ont été en général établis au prix de 39 francs les 100 kilogrammes pour les fers et de 26 fr. pour les fontes; pour quelques-uns les prix se sont élevés respectivement à 48 et 32 francs.

Quant aux maçonneries, on a, partout où on a pu, adopté le type des culées avec murs en aile, en prolongement du parement des culées. Le prix varie naturellement suivant le cas et les fondations. Le minimum a été de 12,000 francs pour passage inférieur à poutres droites et le maximum de 45,000 francs. Pour les ponts en arc, le prix des culées varie entre 15,000 et 35,000 francs.

Pour les passages supérieurs, on a pu réduire le prix à 5,350 francs, dans un cas où les culées pouvaient être reportées à la crête même de la tranchée. Pour les autres ponts, le prix a varié entre 6,000 et 55,000 francs

suivant les dimensions, les sujétions et les difficultés des fondations. Il est d'ailleurs évident que, lorsque l'ouvrage doit être établi sous des voies en exploitation, les sujétions d'exécution deviennent très grandes et le prix d'établissement des ouvrages s'en ressent naturellement.

Note de M. ALEXANDRE, ingénieur des ponts et chaussées, sur l'**amarrage des navires.** — On emploie généralement pour l'amarrage des navires des organeaux ou boucles d'amarrage et des canons d'amarre.

Les premiers ne peuvent être atteints qu'en canot, on ne peut y accéder de terre.

Les canons d'amarre doivent être éloignés de 1^{m},50 de l'arête du quai et constituent une gêne pour la circulation, de même que pour l'établissement des voies ferrées et des grues de chargement.

On emploie depuis longtemps en Angleterre des appareils dits *bollards*, qui n'ont pas ces inconvénients, et on vient d'en faire l'application au nouveau bassin à flot de Dieppe et au Tréport.

Ces bollards se composent d'une sorte de champignon creux, en fonte, de 0^{m},45 de hauteur, dont la base, formée d'un bâti de 1^{m},50 de longueur sur 0^{m},60 de largeur et 0^{m},30 d'épaisseur, occupe la place d'une pierre de couronnement du quai. Ce bâti est ancré dans le mur par quatre boulons de 50 millimètres de diamètre et de 2^{m},25 de longueur.

Ces appareils comportent 930 kilogrammes de fonte et 155 kilogrammes de fer forgé, et reviennent, pose comprise, à 420 francs.

ANNALES DES MINES

1re *livraison de* 1883.

Mémoire sur l'**oxydabilité relative des fontes, fers et aciers** sous l'action de l'air et de l'eau plus ou moins chargés d'éléments étrangers, par M. L. GRUNER.

Ces expériences ont été faites sur des plaques carrées d'un décimètre de côté dont le poids varie, suivant l'épaisseur, de 150 à 350 grammes; ces plaques étaient immergées dans des auges contenant le liquide ou exposées à l'air; on pesait les plaques après action.

Il a été constaté que l'eau pure a peu d'action; l'eau de mer a, au con-

traire, un effet des plus énergiques, surtout s'il y a action simultanée de l'air et de l'eau.

La différence de sensibilité de l'acier et du fer est peu sensible. On signale la nécessité de décaper les tôles avant leur emploi; sinon les croûtes oxydées tendent à favoriser, par voie galvanique, la corrosion des parties voisines non protégées par l'oxyde.

L'eau acidulée attaque plus fortement les aciers carburés et impurs que les aciers doux et les aciers trempés plus que les aciers recuits. Les fontes grises graphiteuses sont facilement entamées, tandis que les fontes blanches le sont moins que les aciers. L'action de l'eau acidulée est tout autre que celle de l'air humide et de l'eau de mer, et on ne peut rien conclure d'expériences de ce genre sur l'usure des rails.

Note sur l'**indicateur de grisou** de M. Liveing, par MM. Mallard et Le Chatelier, ingénieurs des mines.

On sait que le principe de l'instrument repose sur ce fait qu'un fil de platine porté au rouge par un courant électrique émet, toutes choses égales d'ailleurs, une lumière plus intense, lorsqu'il est plongé dans une atmosphère contenant une petite quantité d'un gaz inflammable que lorsqu'il est plongé dans l'air pur. L'appareil comprend deux fils, dont l'un est dans un tube fermé tandis que l'autre est dans l'air ambiant; on compare l'éclat des deux fils, et on varie la distance d'une borne mobile de manière à amener lès deux fils à avoir le même éclat par une opération photométrique. Cet appareil peut rendre des services en permettant d'apprécier la proportion de grisou dans l'air d'une galerie, mais il ne semble pas qu'on puisse l'employer dans les chantiers mêmes, parce qu'il peut se produire accidentellement des étincelles et que cette possibilité doit inspirer une grande méfiance dans les parties dangereuses des mines à grisou.

Sur les lampes de sûreté, à propos des récentes expériences de M. Marsaut. par MM. Mallard et Le Chatelier, ingénieurs des mines.

Les expériences de M. Marsaut, qui ont été l'objet de communications faites par leur auteur à la Société de l'industrie minérale, tendent à indiquer que les lampes actuelles de sûreté présentent des dangers de communication du feu. Il est donc nécessaire de leur apporter quelques modifications comme l'a fait avec succès M. Marsaut, ainsi que nous l'avons indiqué dans de précédents comptes rendus.

Statistique de l'industrie minérale de la France.

Note sur un nouvel **appareil pour manœuvre et calage des aiguilles de changement de voie par un seul levier**, système Dujour.

La Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée a, depuis dix-huit mois, en

service, 250 appareils Dujour qui ont donné des résultats très satisfaisants. Elle se propose d'appliquer ce système successivement à toutes les aiguilles manœuvrées à distance par des postes Saxby ou par des postes Vignier. Cet appareil permet d'actionner d'un seul mouvement, au moyen d'un levier et d'une transmission unique, les aiguilles, le verrou et le locking bar; il ne peut être décrit sans figure.

L'industrie minérale dans la province de Minas Geraes, par M. A. de Bovet, professeur à l'École des mines d'Ouro-Preto (Brésil).

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER SEMESTRE — ANNÉE 1883

Accidents dans les Manufactures, lettre de M. E. Simon (séance du 19 janvier) 46

Ascenseurs hydrauliques pour bateaux, mémoire de M. Harrand analysé par M. Badois (séances des 18 mai et 15 juin) . . . . . 617 et 768

Banquet commémoratif du 35e anniversaire de la fondation de la Société, le 4 mars 1883 294

Canal maritime de Saint-Pétersbourg à Cronstadt, par M. Sergueeff (séance du 6 avril) . . . . . 480 et 512

Chaleurs spécifiques et des dilatations (Constitution moléculaire des corps sur les lois des volumes moléculaires des), par G. Love 338

Chaleur spécifique (La loi de la), lettre de M. Paul Charpentier (séance du 19 janvier) 42

Chemin de fer Métropolitain, projet de M. Haag (séances des 16 mars, 18 mai et 15 juin) . . . . . 313, 614, 635 et 775

Chemin de fer aérien dans Paris, par M. Revin (séance du 2 mars) 265

Chemin de fer à voie étroite en Algérie (Discussion sur les) (séance du 19 janvier) 50

Chemins de fer d'intérêt local, étude critique du Cahier des charges par M. A. Moreau 85

Chronique de janvier, février, mars, avril, mai et juin, 126, 241, 448, 574, 733 et 836

Comptes rendus de janvier, février, mars, avril, mai et juin 139, 255, 463, 586, 743 et 849

Décès : MM. Arnault de la Ménardière, Courtois (Émile), Dufournel, Lopez, Bustamante, Thomas (Pierre), Vuillemin (Louis), Le Blond (Camille), Letestu, Cosnefroy, Végni, Desprès (Alphonse), Soupey (Henri), Pélegrin, Calmels, Mehrmann (séances des 12 janvier, 2 et 16 février, 2 et 16 mars, 2 avril et 4 mai . . . . . 41, 156, 175, 264, 311, 485 et 599

Décorations françaises :

Officier de la Légion d'honneur : M. Poncelet.
Chevalier : M. Normand (Augustin).
Officier d'Académie : M. des Tournelles.

Décorations étrangères :
Espagne, Ordre d'*Isabelle la Catholique*, commandeur : M. Huguet.
Portugal, Chevalier de l'Ordre de la *Conception* : M. Montagnier.
(Séances des 12 janvier et 18 mai) . . . . 41 et 614
Discours de M. Émile Trélat (séance du 12 janvier). 8
Discours de M. E. Marché (séance du 12 janvier). 24
Eaux des appareils à vapeur (Épuration des) par M. Closson (séance du 15 juin). 771
Enseignement économique dans les écoles Techniques industrielles, par M. Georges Salomon (séance du 19 février) . . . 175 et 210
Exposition de Nice (séance du 6 avril) 471
Exposition de Zurich, par M. Mallet (séance du 1er juin). 757
Fonderie en France, ouvrage de M. Guettier (séance du 19 juin). . . . 42
Gazomètres (Construction des) par M. Arson (séance du 2 février) . . . 159
Legs Henri Giffard (séance du 16 février) 175
Machines locomotives à voyageurs transformées en machine Compound, par M. Mallet (séance du 2 février). 162
Machines dynamo-électriques (Transport de l'Énergie sous forme mécanique par les) par MM. Cabanellas et Boistel (séances des 19 février. 2 et 16 mars et 20 avril) . . . . 179, 269, 330 et 485
Mines d'argent du Nevada par M. C. Durand (séance du 1er juin). . . 761
Mouture système Mariotte frères et Boffy, par M. Casalonga (séance du 2 février) . . . . 171 et 222
Obligations (Tirage d') (séance du 15 juin) 767
Papier-paille (Fabrication du), note par M. Burot 668
Paquebot « La Normandie » (séances des 2 mars et 18 mai 264, 311 et 635
Pompes alimentaires des machines à vapeur à condensation par surfaces, par MM. Auguste Normand et Burot (séances des 19 janvier et 16 mars). . . . . 48 et 311
Ports de commerce de l'Europe septentrionale, analyse de l'ouvrage de MM. Plocq et Laroche, par M. Douau (séance du 4 mai). . . . 604
Port du Havre et embouchure de la Seine (Note sur le), par M. Hersent 652
Propriété industrielle conclue à Paris le 20 mars 1883 (Convention internationale pour la), par M. Barrault (séance du 1er juin) 757
Publications périodiques. 146
Rails en acier (Composition chimique et essais de) (séance du 16 mars 311
Rade du Havre en 1883 (La), note de M. Vial 657
Simplon (Traversée des Alpes par le), par M. J. Meyer (séance du 20 avril). . . . . 492 et 782
Sociétés coopératives en Angleterre, par M. E. Simon (séance du 6 avril) . . . . 483 et 549

Situation financière de la Société (séance du 15 juin). 766

Théâtres (Question du feu dans les), par M. Piccoli 711

Thermodynamique résumée, par M. Viry (séance du 1er juin). 756

Tramway, nouvelle voie établie sur la ligne de Cambray à Catillon, par M. Rey (séance du 4 mai). . . . . 600 et 662

Tunnel sous-marin de la Manche, mémoire de M. Colladon analysé par M. Douau (séance du 1er juin) 759

Voyage au Havre (1re et 2e séances des 31 mars et 6 avril) 472, 637 et 644

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Imp. & Lith. J. Chappuis. Lausanne.

Pl. 54.

id du tunnel 628m
Sal. di Sedro
(Pizzo d'Albione 2431m.)
Campelia 351m
Crevola d'Ossola 335m

Imp. & Lith. J. Chappuis. Lausanne.

…gende.

…es représentent les profils du sol,

…donnent les courbes thermiques.

…la Cie du Simplon 1878,
…(tracé haut).

…nouvelle 1881
…longr 19630m

…nouvelle 1882
…longr 19.795m

…nouvelle Août 1882
…longr 20.000m

Imp & Lith. J. Chappuis Lausanne.

